



FRC gerendák száleloszlásának normalitásvizsgálata

Szerző:

Tóth Katalin Luca építészmérnök hallgató

Konzulens:

Dr. Pluzsik Anikó egyetemi adjunktus, BME Építészmérnöki Kar, Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

2019

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETŐ	2
2. PROBLÉMA FELVETÉS	4
3. KUTATÁSI ADATOK ISMERTETÉSE	6
4. NORMALITÁSVIZSGÁLAT	10
4.1. Az eloszlás matematikai definíciója, eloszlástípusok	10
4.2. Grafikus normalitásvizsgálat	10
4.3. Grafikus eloszlás – hisztogramok	11
4.4. Hisztogramok egyes tartományainak vizsgálata	12
4.5. Minta átlag standard hibahatára – lapultság/ferdeség	12
5. TOVÁBBI VIZSGÁLATOK	14
5.1. Minta átlagtól való eltérés	14
5.2. Törött keresztmetszetben előforduló száldarabszámok átlagának vizsgálata	14
5.3. Bekevert szálak megjelenése a törött keresztmetszetben	15
6. ÖSSZESÍTÉS	17
7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	19
8. IRODALOMJEGYZÉK	19
9. MELLÉKLETEK	20

1. BEVEZETŐ

A szálerősítéssel anyagok fogalma a múltban sem volt ismeretlen, már az ókori rómaiak is szalmát és hajat keverték betonszerű építőanyagukhoz, ezzel csökkentve a repedések előfordulásának valószínűségét. A szálerősítésű beton fogalma az 1800-as évek végén jelent meg A. Berard szabadalmával, majd az 1990-es évektől egészen napjainkig egyre nagyobb népszerűségnek örvend az építőipar számos területén. Kezdetben csak acélszálakat keverték a betonhoz, ám manapság már műanyag-, üveg- és szénszálakat is alkalmaznak. Eleinte még szabálytalan méretű szálakat alkalmaztak, ám mára már kialakult egy egységes méretkoordináta: 25-50 mm hosszúságúak és 0,1-1,0 mm átmérőjűek általában a szálak.

Nem véletlen, hogy előszeretettel alkalmazzák széles körben napjainkban, mivel a beton duktilitását és törési energiáját növeli, ezáltal a mechanikai ellenállása is nő. A bekevert szálak a beton tulajdonságainak java részét pozitívan befolyásolják: többek között energia elnyelő képességét, törési összenyomódását, fáradási szilárdságát, ütőmunka-bírását és repedésáthidaló képességét is növelik.

A sok előnyös tulajdonság mellett meg kell azonban említeni, hogy a szálerősítésű beton (FRC – Fiber Reinforced Concrete) anyagi paramétereinek nagyon nagy a szórása, ami megnehezíti a tervezés folyamatát. Ahhoz, hogy megjósolhassuk a szálerősített betonszerkezetek viselkedését, ismernünk kell az anyagparamétereknek, mint valószínűségi változóknak a jellemzőit, eloszlásának típusát, tervezési értéktől való eltérésének várható hibáját. A mért jellemzők nagy szórása miatt, ennek feltérképezésére rengeteg kísérleti adatra volna szükség, valamint a szakirodalomban nem találunk részletes statisztikai elemzést az anyagjellemzők várható eloszlásáról.

A múltban minden matematikai és fizikai mennyiségről normális eloszlást feltételeztek, míg 1960-ban Edward Lorenz – a káoszelmélet atyja – tanulmányában rámutatott ennek az ellenkezőjére. Egy meteorológiai modell kidolgozása során figyelte meg, hogy már egy aprócska változás is képes a végkifejletet drasztikusan befolyásolni. Tanulmányában pillangóhatásként emlegette a szemléletes hasonlatot, miszerint egy pillangó egyetlen szárnycsapása képes akkora változást okozni, hogy pár nap múlva egy másik kontinensrészén kialakuljon egy vihar. A világban mindenütt jelen van a káosz: a korallok tengerben való előfordulásában, az állatvilág modellezésében, az időjárásban és még rengeteg hétköznapi folyamatban. A tudományok világában is a különböző matematikai modellekben megjelenik a káosz fogalma, mivel a különböző kísérleteket számos tényező befolyásolni tudja, így nehézkes bármilyen szabályszerűséget megfigyelni. A 20. században több tudós is korszakalkotó

felfedezéseket tett, mint például Werner Heisenberg. Kidolgozta a határozatlansági relációt, ami az atomfizika meghatározó alapelve mind máig. Az elméletének lényege, hogy magfúzió bekövetkezésekor nem lehet egyszerre a részecskék sebességét és helyzetét meghatározni. A káosz az ő számításaiban is megjelent: elméletben a részecskék egymást taszítják töltésazonosságuk miatt, így nem jöhet létre a magfúzió, de ez a valóságban megtörténik. Heisenberg nem foglalkozott az ellentmondással, de megállapította ő is Edward Lorenzhez hasonlóan, hogy az apró, elhanyagolhatónak hitt hatások komoly befolyással bírnak az egész folyamatra.

A szálerősítésű betonok viselkedése nagymértékben függ a belekevert szálak keresztmetszeten belüli eloszlásától. Dolgozatomban azt vizsgálom, hogy milyen statisztikai jellemzőkkel írható le a szálak eloszlása. Ha tudjuk matematikai értelemben modellezni a száleloszlást, jobban tudják a tervezők becsülni a szálerősített betonszerkezetek viselkedését, várható biztonságát.

2. PROBLÉMA FELVETÉS

A múltban a szálerősítésű betonok esetében nem tudtak egybehangzó véleményt mondani, hogy milyen típusú eloszlás figyelhető meg a bekevert szálak elhelyezkedésében, a kísérletek nagy szórása miatt, hiszen mint bármilyen más tudományos kísérletnél, szinte sosem tudjuk az ideális környezetet reprezentálni minden feltételével, így az apró változások drasztikusan megváltoztathatják az eredményeket, ami már nem alkot homogén adathalmazt.

Ebben az értekezésben arra a kérdésre keresem a választ, hogy megfigyelhető-e mégis valamilyen szabályszerűség a szálerősítésű betonok törött keresztmetszetében előforduló szakadt és épen maradt szálak eloszlásában.

Az irodalomban található szálerősítésű betonmodellek (DEM modellek) egyenletesen szórják be a virtuális szálakat az anyagba, esetleg ezt az egyenletes eloszlást módosítják a zsaluzási hatások figyelembevételével. [2] Azonban, hogy a szálak valóban egyenletes eloszlási jellemzőket mutatnak-e a valóságban, még senki nem vizsgálta. Tételszerű eloszlástípus kimondásához rengeteg adat szükséges, és nem mellesleg eléggé költséges is a sok kísérlet miatt. Éppen ezért én ahhoz a megoldáshoz folyamodtam, hogy a már korábban dokumentált, többféle típusú bekevert szálakkal végzett kísérletek adatait összerendeztem, majd ezekkel statisztikai vizsgálatokat végeztem. Arra kerestem a választ, hogy vajon normális-e a szálak eloszlása a betonkeresztmetszeten belül, vagy valami más ismert eloszlás típus figyelhető meg, esetleg kaotikus jellemzőket mutat.

Az összegyűjtött adathalmaz normalitását többféle módszerrel vizsgáltam.

Az eloszlástípus megállapításán felül a jövőre vonatkozatható egyéb elővizsgálatokat is tettem. Vizsgáltam a szálak keresztmetszet mentén történő eloszlását, kerestem, hogy van-e olyan tartomány, ahol a várható száltartalom eltér a keresztmetszet többi részétől (pl. zsaluzási viszonyok miatt). A rendelkezésre álló adatokkal vizsgáltam, hogy adhatunk-e közel biztos választ mintaátlagtól való eltérésre 1, 5, 10 vagy éppen 20%-os pontossággal, ha feltételezzük, hogy további kísérleti adatok megjelenésével az átlag és szórás értéke változatlan marad.

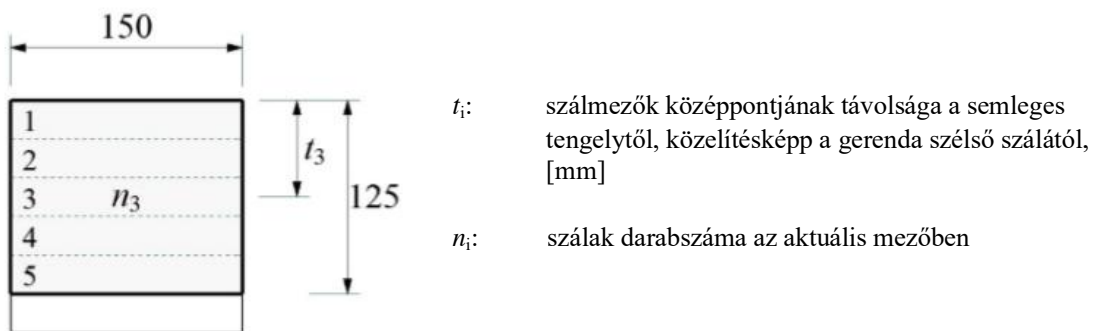
A saját számításaimat összevettem az irodalomban fellelhető formulákkal, amelyek a tört keresztmetszetben megjelenő szálak mennyiségét becsülik meg. Ezekben a korábbi tanulmányokban a száleloszlást mindig normálisnak feltételezik, de ezen állítás igazságát nem bizonyították.

A kutatás során kibontakozó legnagyobb probléma az volt, hogy a kevés adatból, amivel manapság rendelkezünk e téren, olyan megfigyelést és konklúziót tudjak levonni és számításokkal alátámasztva dokumentálni, ami tényleges eredményeket ad mások számára is a

témában. A dolgozatban szereplő adatok laboratóriumi mintákból származnak. Az ebből levont következtetésem tehát erős egyszerűsítések. Felvetődik a kérdés, hogy a laboratóriumi kicsinyített modellek mennyire követik le a valóságot, mennyire számít a mérthatás, illetve a bedolgozási, elkeverési gondatlanság. Dolgozatom kijelentéseit ennek tudatában kell kezelni.

3. KUTATÁSI ADATOK ISMERTETÉSE

A kutatásomhoz Juhász Károly Péter PhD, Czoboly Olivér és Tóth Mária adatait használtam fel a kiértékelésekhez. Összesen 187 db közel azonos méretű gerendát vizsgáltam, amelyekben előfordult, többféle száltípus, szállhossz, betonminőség próbatestenként. A kísérletek lényege, hogy a korábban kiöntött próbatesteket hárompontos (felezőpontos) hajlítási tesztnak vetették alá, ahol a gerenda leghosszabb oldallapjára merőlegesen az oldalfelezőpontnál félbetörték, majd a tört keresztmetszetet egyenlő sávokra osztották, ezután összesítették a kihúzódot és a szakadt szálakat. Minden esetben egy 25 mm-es bevágást is ejtettek a gerenda alján, így biztosítva, hogy a tönkremenetel azon a helyen játszódjon le. A bevágással csökkentett, eltört keresztmetszetet vizsgálom a továbbiakban.



3. 1. ábra Az eltört keresztmetszeten értelmezett sávok és távolságok [2]

Juhász Károly Péter két korábbi (ARMOFIB és DUR gerendák) laborkísérletéből használtam fel adatokat. Az ARMOFIB gerendák azonos acél szálakkal erősítettek, de különböző szaladagolást alkalmaztak a keverékek esetében, így itt arra nyílt lehetőség, hogy ellenőrizzem, hogyha több szálmennyiség kerül a masszába mennyivel több szál jelenik meg a tört keresztmetszetben. A próbatestek ezekben az esetekben $150 \times 150 \times 600 \text{ mm}^3$ térfogatúak voltak.

Név	Szálak jellemzői					
	típus	száladagolás		átmérő [mm]	hossz [mm]	betonszilárdsági osztály
ARMOFIB-20 kg	acél	20	3126 db/kg	1,0	50,7	C25/30 C30/37 C35/45
ARMOFIB-25 kg		25				
ARMOFIB-30 kg		30				
ARMOFIB-40 kg		40				

3. 2. ábra ARMOFIB acél szálak jellemzői (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter) [3]

A DUR próbatestek mindegyikébe azonos száltípusú, de eltérő hosszúságú szálakat keverték be. A vizsgált próbatestek mindegyike 150x150x550 mm³ térfogatú volt.

Név	Szálak jellemzői				
	típus	száladagolás	hossz [mm]	átmérő [mm]	
DUR30	Barchip dombornyomott modifikált olefin makro szál	4 kg/ m ³	93240 db/kg	30	0,72
DUR40			69930 db/kg	40	
DUR48			58275 db/kg	48	
DUR55			50858 db/kg	55	
DUR70			39960 db/kg	70	

3. 3. ábra Barchip dombornyomott olefin makro szálak jellemzői (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter) [4]

A Czoboly Olivértől kapott adatok heterogének voltak, mivel a méréseiben többféle száltípussal dolgozott, ezek méretei is eltérőek, illetve kétféle térfogatszázalékban megadott száladagolást is vizsgált, valamint a próbatestek kiöntésekor az azonos száltípusú masszák eltérő ideig lettek keverve, ezáltal lehetőség nyílt arra is, hogy megfigyelhessem milyen befolyással bír ez a keresztmetszetben előforduló szálmennyiségre. Ezekben a kísérletekben a próbatestek 150x150x600 mm³ térfogatúak voltak.

Név	keverék	keverés ideje	száladatok				
			típus	hossz [mm]	átmérő [mm]	száladagolás	
Mix 1-1-5	Mix-Q-S1-0,5V%	5 min	kampós acél	50	1,0	39,25 kg/ m ³	3 246 db/kg
Mix 1-1-30	Mix-Q-S1-0,5V%	30 min				23,55 kg/ m ³	
Mix 1-2-5	Mix-Q-S1-0,3V%	5 min					
Mix 1-2-30	Mix-Q-S1-0,3V%	30 min					
Mix 2-1-5	Mix-Q-S2-0,3V%	5 min	rézbevonatos egyenes acélszál	12	0,2	23,55 kg/ m ³	3 246 db/kg
Mix 2-1-30	Mix-Q-S2-0,3V%	30 min				39,25 kg/ m ³	
Mix 2-2-5	Mix-Q-S2-0,5V%	5 min					
Mix 2-2-30	Mix-Q-S2-0,5V%	30 min					
Mix 3-1-2	Mix-Q-P1-0,3V%	2 min	makro műanyag módosított olefin	48	0,715	2,73 kg/ m ³	57 047 db/kg
Mix 3-1-5	Mix-Q-P1-0,3V%	5 min					
Mix 3-1-15	Mix-Q-P1-0,3V%	15 min					
Mix 3-1-30	Mix-Q-P1-0,3V%	30 min					
Mix 3-3-2	Mix-Q-P1-0,5V%	2 min					
Mix 3-3-5	Mix-Q-P1-0,5V%	5 min				4,55 kg/ m ³	
Mix 3-3-15	Mix-Q-P1-0,5V%	15 min					
Mix 3-3-30	Mix-Q-P1-0,5V%	30 min					
Mix 4-1-2	Mix-Q-P2-0,3V%	2 min	makro műanyag poliolefin	50	0,5	2,73 kg/ m ³	111 990 db/kg
Mix 4-1-5	Mix-Q-P2-0,3V%	5 min					
Mix 4-1-15	Mix-Q-P2-0,3V%	15 min					
Mix 4-1-30	Mix-Q-P2-0,3V%	30 min					
Mix 4-3-2	Mix-Q-P2-0,5V%	2 min					
Mix 4-3-5	Mix-Q-P2-0,5V%	5 min				4,55 kg/ m ³	
Mix 4-3-15	Mix-Q-P2-0,5V%	15 min					
Mix 4-3-30	Mix-Q-P2-0,5V%	30 min					

3. 4. ábra Mix keverékek szálainak jellemzői (kísérleti adatok: Czoboly Olivér) [5]

Tóth Mária kutatása során a műanyag mikro és makro méretű szálakat tartalmazó gerendákat tanulmányozta. Ezek az adatok szintén közel azonos anyagjellemzővel rendelkező szálakat és betonokat tartalmaztak, illetve a próbatestek itt is 150x150x550 mm³ térfogatúak voltak.

Név	Szálak jellemzői				
	típus	száladagolás		hossz [mm]	átmérő [mm]
Beam C1	SHOGUN (makro) műanyag szál	makro: 5 kg/m ³	makro: 60240 db/kg	makro: 48 mm	makro: 1,3x0,5mm (ovális)
Beam C2					
Beam C3					
Beam C4					
Beam D1	MONOGURU PP19 (mikro) és SHOGUN (makro) műanyag szál	mikro: 1,5 kg/m ³ makro: 5 kg/m ³	makro: 60240 db/kg	makro: 48 mm	
Beam D2				mikro: 10 mm	
Beam D3					
Beam D4					

3. 5. ábra Beam mikro és makro szálainak jellemzői (kísérleti adatok: Tóth Mária) [6]

4. NORMALITÁSVIZSGÁLAT

4.1. Az eloszlás matematikai definíciója, eloszlástípusok

A statisztikában többféle eloszlási típust különböztetünk meg, melyek más és más folyamatokat, jelenségeket, mennyiségeket jellemeznek. A valószínűségi-eloszlás egy olyan függvény, ami meghatározza, hogy a megadott valószínűségi változó milyen valószínűséggel vesz fel bizonyos értékeket.

A matematikában a két legnagyobb eloszlástípus a diszkrét és folytonos eloszlás. Akkor mondjuk, hogy egy X valószínűségi változó diszkrét, ha legfeljebb megszámlálhatóan sok különböző értéket vehet fel. Ha pedig egy X valószínűségi változó folytonos, akkor létezik olyan $f_X(x) \geq 0$ integrálható függvény, amire igaz, hogy

$$FX(x) = \int_{-\infty}^x f_X(y) dy. \quad [7]$$

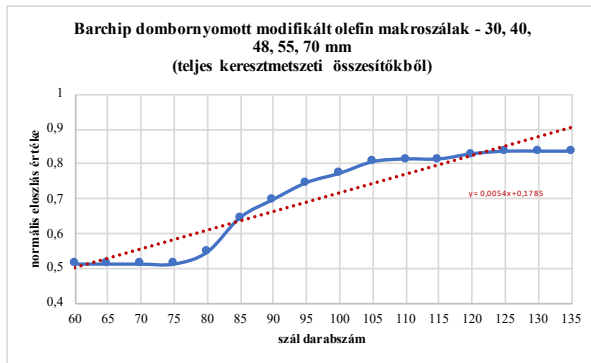
Az előbbi típusba tartozik a Poisson-eloszlás, Bernoulli-eloszlás, binomiális, geometriai és negatív binomiális eloszlás, míg az utóbbi csoportba a Cantor- vagy normális eloszlás.

4.2. Grafikus normalitásvizsgálat

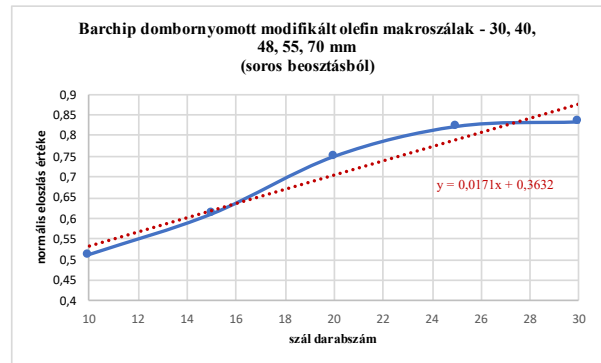
Elsőként a grafikus normalitásvizsgálatokat végeztem el, aminek lényege, hogy az adott elemekhez kiszámítjuk a hozzájuk tartozó normális eloszlás értékét, amely értékek amennyiben egy lineáris egyenesre illeszkednek, akkor teljesül a normális eloszlás. Ehhez szükség volt a sokaságok szórás- és átlagértékeinek kiszámításához, majd a

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad [8]$$

függvényt használva, ahol σ a szórás és μ az átlag, kiszámoltam az egyes adatokhoz tartozó normális eloszlás értékét. Minden adathoz egy érték tartozik, ezeket diagramon is ábrázoltam, ahol jól látszanak, hogy a számolt értékek közel egy lineáris függvényre illeszthetők minden kísérlet esetében, így valóban feltételezhető volt a normalitás. Az alábbi két ábra (4. 2. 5. és 4. 2. 6. ábra) mutatja be ezt a vizsgálatot. Azoknál a kísérleteknél, ahol nemcsak a teljes tört keresztmetszetre vonatkozó száldarabszám volt megadva, hanem sávonkénti felosztásban kaptam meg a szálak eloszlását, ott kétféle vizsgálatot is végeztem. Az egyik a teljes keresztmetszetről vett adatokból számolt normalitás (35 darab DUR gerenda, 35 darab keresztmetszeti adat), míg a másik az egyenlő távonként felosztásra került sorok adataiból (35 db DUR gerenda, 35 db DUR gerenda*5 sor=175 db soronkénti adat). A többi vizsgálati eredményt összefoglaló diagramok (4. 2. 1. – 4. 2. 20. ábra) a mellékletekben találhatóak meg.



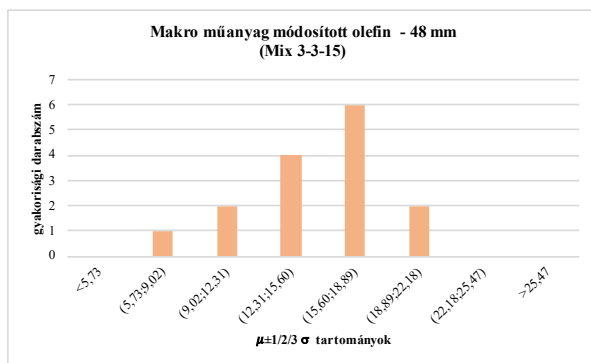
4. 2. 5. ábra Barchip dombornyomott makroszálak grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



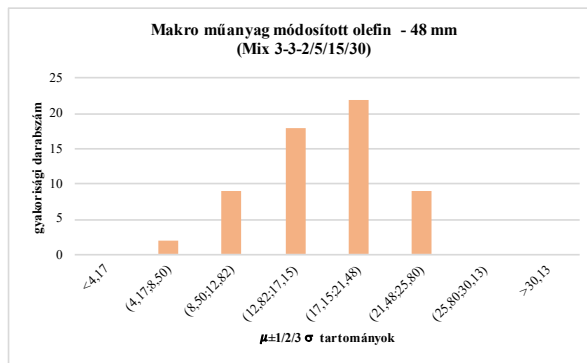
4. 2. 6. ábra Barchip dombornyomott makroszálak grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)

4.3. Grafikus eloszlás – hisztogramok

Mivel a grafikus vizsgálat önmagában nem ad egyértelmű választ az eloszlástípus meghatározására, ezért a következő lépés a számításokkal alátámasztott vizsgálat volt. Normális eloszlásról akkor beszélhetünk, ha az adatsokaságunk egy olyan elrendezést követ, amely esetén a legtöbb adat a tartomány közepében helyezkedik el. Ahogy egy érték közeledik a tartomány végpontjaihoz, annál kisebb előfordulásának az esélye. Ennek megfelelően először hisztogramokat, azaz tapasztalati sűrűségfüggvényeket készítettem a $[\mu-3\sigma; \mu+3\sigma]$ intervallumon az adatokból, ahol többnyire szépen kirajzolódott a haranggörbe alakok. Előfordult, hogy bizonyos száltípus vizsgálatokor kevés adatot tudtam egyben kezelni. Erre jó példa a 4. 3. 2. ábra összesítője, ami az ARMOFIB C30/37-es betonszilárdságú és 20 kg/m^3 -es száladagolású gerendáinak hisztogramja. Ebben az esetben kevés, mindössze 6 darab adat állt a rendelkezésemre, így nem rajzolódott ki a haranggörbe alak, de ahogy azt a 4. 3. 4. ábra is mutatja, amikor az összes – betonszilárdsági osztályjelzéstől független – ARMOFIB 20 kg/m^3 -es száladagolású gerendát egyben vizsgáltam, már észlelhető a várt görbealak. Az alábbi két ábra (4. 3. 37. és 4. 3. 39. ábra) mutatja, hogy az azonos száltípusú gerendákat egyes anyagjellemzőik (pl.: keverési idő) alapján külön és egyben is vizsgáltam. A további összesítők a mellékletben találhatóak 4. 3. 1. – 4. 3. 52. ábra nevek alatt. Teljesült, hogy az átlag környékén helyezkedett el a legtöbb esetszám, de nem voltak minden esetben a görbék teljesen szimmetrikusak, előfordult, hogy balra vagy jobbra tolódott a görbék inflexiós pontja. Ebben a két esetben 4. 3. 37. és 4. 3. 39. ábra) jól látható, hogy a görbe inflexiós pontja enyhén jobbra tolódik, így nem teljesült a teljes szimmetrikusság.



4. 3. 37. ábra Makro műanyag módosított olefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



4. 3. 39. ábra Makro műanyag módosított olefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)

4.4. Hisztogramok egyes tartományainak vizsgálata

A számszerű elemzéshez a szórás- és átlagértékek segítségével megnéztem, hogy az adatok hány százaléka található meg az $\mu \pm 3\sigma$; $\mu \pm 2\sigma$ és $\mu \pm \sigma$ intervallumokon. Akkor tekinthetjük az eloszlást normálisnak, ha a $[\mu - \sigma; \mu + \sigma]$ -on van adataink kb. 68%-a, a $[\mu - 2\sigma; \mu + 2\sigma]$ -on kb. 95%-a, és a $[\mu - 3\sigma; \mu + 3\sigma]$ -on pedig kb. 99.7%-a található meg. [9]

Az ehhez tartozó eredményeket összefoglaló táblázatok a mellékletben találhatóak: a 4. 4. 1. – 4. 4. 4. ábrák. Az esetek döntő többségében a százalékos előfordulás az egyes tartományokon teljesült, ezek a sorok lettek zöld színnel jelölve. Néhány helyen valamelyik tartomány kismértékben eltért a szabálytól, de a többi teljesítette a feltételeket, így ezek közelítőleg normálisnak tekinthetőek, a táblázatban sárgával jelölve találhatóak. Előfordult azonban, hogy a 3 tartomány egyike sem felelt meg a kritériumnak. Ezen esetek mindegyike ARMOFIB gerendánál fordult elő, amikor a betonszilárdsági osztály és száladagolás szerint is külön vizsgáltam az adatokat. Közös jellemző ezekben a vizsgálatokban, hogy drasztikusan kevés, csupán 6 adat állt így a rendelkezésemre, ilyen szórásértéknél, ennyi kísérlet nem elegendő a vizsgálathoz.

4.5. Mintaátlag standard hibahatára – lapultság/ferdeség

Ezután következhetett a mintaátlag standard hibájának (*standard error* – *SE*) figyelembevétele. Ezt az értéket a szórásból és a mintaelemszámból tudtam kiszámítani:

$$SE = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad [10]$$

ahol σ a szórás és n a mintaelemszáma. Amennyiben a görbék lapultságának és ferdeségének kiszámított statisztikai értéke belesett a $[-2SE; +2SE]$ tartományba, akkor feltételezhető a normalitás és közelítőleg a görbe szimmetriája.

A mellékletben a 4. 5. 1. – 4. 5. 4. ábrák foglalják össze a vizsgálatok eredményét, ezek alapján kimondható, hogy mindegyik minta elegendően csúcsos és egyenes ahhoz, hogy normálisnak tekinthessük.

Az SE még a mintaátlagtól való eltérésnél volt jelentős, amire a későbbiekben kitérek.

5. TOVÁBBI VIZSGÁLATOK

5.1. Minta átlagtól való eltérés

A minta átlagtól való eltérés lehetőséget nyújt, hogy megvizsgálhassuk a kísérleti értékek átlaga várhatóan mennyivel tér el a tényleges átlagértéktől, ha végtelen sok kísérletet végeznénk el, képlet szerint:

$$x = \frac{1,96 \cdot SE}{\mu}, \quad [11]$$

ahol SE a minta átlag standard hibája, μ az adatsokaságunk átlaga, x pedig a minta átlagtól való eltérés [%]. Ennek a vizsgálatnak az eredményét a mellékletben található 5. 1. 1. – 5. 1. 4. ábra mutatja be. A vizsgált adatok minta átlagtól való eltérése minden esetben 25% alatti volt.

Ezen kívül a jövőre vonatkozóan még végeztem egy számítást is: ha feltételezzük, hogy az adathalmazban további elemszámok megjelenésével nem változik az átlag és szórás értéke, akkor hány kísérlet szükséges az 1, 5, 10 vagy 20 %-os pontosságú minta átlagtól való eltéréshez. Ezen értékekkel becsülhető, hogy adott pontosság eléréséhez közelítőleg hány kísérlet szükséges. Ezeket az eredményeket is az 5. 1. 1. – 5. 1. 4. ábrák táblázatai tartalmazzák. Az adatok vizsgálata során, ahogy azt a mellékletben lévő összefoglaló táblázatok is mutatják, eltérő adatdarabszám állt rendelkezésemre az egyes kísérleti típusoknál. Ez a szórásértéket is nagyban befolyásolja. Ennek megfelelően kimondható, ahol minimum 15 adat lett egyben kiértékelve, ott valószínű, hogy a számolt szórásérték közelít a ténylegeshez. Az ennél kevesebb adathalmaz vizsgálatakor a szükséges darabszám adott százalékos minta átlagtól való eltéréséhez, néhol kevés kísérletszámot enged meg, de ez nem mindig igaz. Ebből levonható következtetés képpen, hogy több adat (jelen esetben min. 15) kiértékelésére alkalmas, de kevés adat esetén a szórásérték is valószínűleg eltér a valóstól, ennek megfelelően a kapott szükséges kísérletszám értékét is fenntartásokkal kell kezelni.

5.2. Törött keresztmetszetben előforduló száldarabszámok átlagának vizsgálata

Fontosnak véltem azt is megvizsgálni, hogy mi befolyásolja drasztikusan a törött keresztmetszetben előforduló száldarabszámok átlagát, ha a teljes keresztmetszetet vagy az azonos típusú gerendák sorainak átlagértékeit nézem. Előzetesen, úgy véltem, hogy befolyásoló tényező lehet a keverési idő, a betonminőség, a szálhossz vagy a keresztmetszeten belüli sor elhelyezkedése, így célzottan ezek alapján ellenőriztem a

korábban kiszámolt eredményeket. Ezeket a vizsgálatokat a mellékletben az 5. 2. 1. – 5. 2. 7. ábrák taglalják részletesen.

Ami kiolvasható az összesítésből, hogy a szálhossz és a keverési idő növelése nem okoz szabályszerű változást az átlagok alakulásában. Viszont a betonszilárdsági osztály növekedése az ARMOFIB gerendák esetében azonos száladagolások esetén, növelte a keresztmetszetben megjelenő szálak számát (5. 2. 5. ábra). Logikusan változtat a növekedő száladagolás is, szintén az ARMOFIB gerendáknál figyelhető meg, hogy azonos betonszilárdságú gerendák esetén ott a nagyobb átlag száldarabszám a teljes keresztmetszetben, amelyik gerendának nagyobb a száladagolása. A soros átlagvizsgálat nem hozott konkrét, egyértelmű választ a feltett kérdésre, ugyanis a szálak eloszlása egy adott keresztmetszeten belül is eléggé nagy szórású. Nem figyeltem meg szabályt azzal kapcsolatban, hogy minden esetben megegyező sorban lennének drasztikusan eltérő adatok a teljes keresztmetszet soraira vonatkoztatott átlaghoz képest. Ezek alapján kimondható, hogy ezekben a gerendákban a zsuzálás nem módosított az eloszlásokon. Ebben az esetben összesen 31 gerendatípust (DUR, Mix, Beam) tudtam összevetni, ahol sávonkénti lebontásban kaptam meg a száldarabszámok eredményeit. Ebből 16 típusnál több, 11 típusnál kevesebb volt az 1. sor átlagértéke, mint a teljes keresztmetszet soronkénti átlaga, a maradék 4 esetben közel azonos volt a két érték. Néhol több az 1. sorban a szálak mennyisége (5. 2. 2. és 5. 2. 4. ábrák), de akadt olyan eset is, amikor kevesebb is előfordult (5. 2. 7. ábra). Mind ezek alapján azt javaslom, hogy a biztonság javára, érdemes ezt a hatást elhanyagolni, és minden sávban azonos száldarabszámot feltételezni a tervezésnél.

5.3. Bekevert szálak megjelenése a törött keresztmetszetben

Az irodalomban fellelhető néhány matematikai modell, amelyek a normális eloszlás feltételezésével próbálják megjósolni a keresztmetszetben megjelenő száldarabszámot. Az egyik ilyen a Mandel – Romualdi – féle képlet:

$$n = 0,405 \cdot l \cdot \frac{N}{V}, \quad [12]$$

ahol l a szálhossz [m]; N a száladagolás [kg/m³]; V a gerendatérfogata [m³] és n az a száldarabszám, ami az 1 m² keresztmetszetben jelenik meg.

Ezzel a modellel Juhász Károly Péter PhD már korábban is foglalkozott egy korábbi értekezésében, amit a következőképpen módosított a geometriai illeszkedés miatt:

$$n = 0,5 \cdot l \cdot \frac{N}{V}. \quad [13]$$

Ezekkel a módszerekkel én is vizsgálatokat folytattam az összegyűjtött adathalmazokon, amit a mellékletben az 5. 3. 1. ábra tartalmaz részletesen. A meglévő anyagjellemzők (száltípus, száladagolás, szátkeresztmetszet, száthossz, gerendatérfogat, törött keresztmetszet felülete) segítségével, a képletekkel elvégeztem a számításokat, majd a valós átlageredményekkel összehasonlítottam ezeket.

Mindkét modell a számolások során sokszor közel azonos értéket adott eredményül, mint a teljes tört keresztmetszet valós átlagértéke (zölddel jelölve a táblázatban), de előfordult, hogy a tényleges értéket alul- (sárgával jelölve) vagy túl becsülte (kékkel jelölve). A két modell egyik sajátossága, hogy a Mandel – Romualdi – féle többször becsülte alá az átlagot, mint túl, míg a módosított Juhász Károly Péter – féle épp ellenkezőleg. Valószínű, hogy a geometriai módosítás hatására következett be, hogy a modell inkább a biztonság kárára jósol, mint az eredeti számítási módszer. A másik sajátosság, ami megfigyelhető, hogy mindkét modell a Mix makro műanyag módosított olefin és makro műanyag poliolefin, valamint a Beam makro és mikro műanyag szálakat tartalmazó gerendák esetében jóval nagyobb értéket jósolt a valódinál. Ezekben az esetekben ahogy típusonként csökken a szálak keresztmetszeti átmérője, úgy nő a modell szerinti átlagdarabszám. Összességében kijelenthető, hogy a szálátmérő csökkenésével a képletek hibáznak erőteljesen a biztonság kárára.

6. ÖSSZESÍTÉS

Dolgozatomban a szálerősítésű betongerendák keresztmetszetén áthaladó szálak eloszlásának jellegzetességeit vizsgáltam. Összesen 187 db laborkísérleti gerenda eltört keresztmetszetét vizsgáltam meg a matematikai statisztika módszereivel.

A fentebb leírtak alapján az általam vizsgált betongerendák törött keresztmetszetében előforduló szálak eloszlása normálisnak tekinthető, hiszen a grafikus normalitásvizsgálat már előre jelezte a normális eloszlás esélyességét. Ezt a feltevést tovább erősítette a matematikai számításokkal való alátámasztás, hiszen elegendően sok adat esetén a hisztogramok valóban haranggörbe alakúak voltak, valamint a $\mu \pm \sigma$; $\mu \pm 2\sigma$ és $\mu \pm 3\sigma$ intervallumokhoz rendelt kb. 68; 95 és 99,7%-os elemszámgyakoriság is teljesült. Ugyan a haranggörbék nem voltak teljesen szimmetrikusak, de a ferdeség és lapultság standard hibája minden esetben hibahatáron belül volt, így tényleges viselkedés normális eloszlással közelíthető. Összességében a megfigyelések alapján, mind a grafikus vizsgálat, mind a matematikai számításokkal bizonyítást nyert, hogy normális eloszlás figyelhető meg a keresztmetszeten áthaladó szálak esetében.

A továbbiakban a kísérleti adatokra támaszkodva becslést adtam arra vonatkozóan, hogy az adott anyagú gerenda esetén hány kísérletet kell elvégezni adott hibahatárhoz, illetve fordítva, adott kísérletszámnál, mekkora hibát fogunk várhatóan véteni. A vizsgálat a keresztmetszeten belüli száldarabszámra vonatkozik, ebből számíthatóak a későbbiekben a szálerősítésű anyag egyéb mechanikai jellemzőinek hibái.

Vizsgáltam a különböző paraméterek hatását a keresztmetszetben megjelenő száltartalomra. Azt találtam, hogy míg a szálhossz, keverési idő módosítása nem mutatott arányos változást a száldarabszámban, addig a betonminőség növelésével egyenes arányban nőtt a keresztmetszetben megjelenő szálak száma.

Mivel a kísérleti adatok nemcsak a teljes keresztmetszetben található összes száldarabszámot adták meg, hanem a keresztmetszeten belül a szálak sávonkénti darabszámát is, ezért lehetőségem nyílt a keresztmetszeten belüli száleloszlás jellegzetességeinek vizsgálatára is. Az irodalomban zsaluhatásnak nevezik azt a jelenséget, hogy a zsaluzat melletti sávban több szál gyűlik össze. A kísérletek elemzése során arra a következtetésre jutottam, hogy erre a hatásra biztonsággal nem számíthatunk. Minden sávban ugyanannyi szálat érdemes tervezés során figyelembe venni.

Az összegyűjtött kísérleti adatok segítségével ellenőriztem még az irodalomban a keresztmetszeti darabszám meghatározására szolgáló képletek pontosságát. Azt találtam, hogy

a szálátmérő csökkenésével a modellek a biztonság kárára jóval több szádarabszámot feltételeznek, mint a mennyi a valóságban ténylegesen előfordul.

Eredményeim laboratóriumi körülmények között elkészített és vizsgált gerendák adatainak elemzéséből származnak, amelyek méretei közel azonosak voltak és a kivitelezés körülményei ideálisnak mondhatóak. Ezek alapján nem garantálható, hogy az építkezéseken és üzemekben bekevert, majd kiöntött, esetlegesen a vizsgált kísérleti próbatestek méreteitől jelentősen eltérő gerendák is hasonlóképpen viselkednének. Mivel a vizsgálataim azt mutatták, hogy a keverési időtől nem változik az eloszlás, úgy gondolom ez nem okozhat változást, de a bedolgozási és kiöntési hanyagságok annál inkább, így ezért is fontos az építkezéseken a kellő körültekintés, illetve a gyártmányhelyes feldolgozása a termékeknek.

7. KÖSZÖNET NYILVÁNÍTÁS

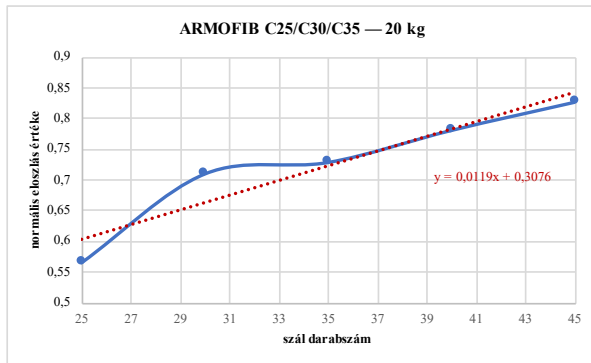
A szerző itt szeretne köszönetet mondani mindazoknak, akiknek a korábban lejegyzett adatait felhasználhatta a kutatása során: Tóth Máriának, Juhász Károly Péternek és Czoboly Olivérnek. Külön köszönet Tóth Máriának, aki nem csak adataival, hanem segítőkész tanácsaival és személyes gondolataival is gazdagította a kutatás eredményességét. Ezen kívül köszönet illeti Pluzsik Anikót lelkes támogatásáért, nagyszerű tanácsaiért és mindig áldozatos munkájáért.

8. IRODALOMJEGYZÉK

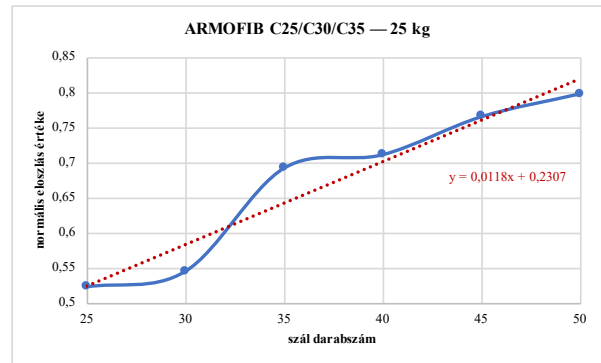
- [1] Tóth M.: *A szálkoktélók hatása a beton duktilitására* (2015) pp. 10.
- [2] Seong-Cheol Lee, Jae-Yeol Cho, and Frank J. Vecchio (2011) “*Diverse Embedment Model for Steel Fiber-Reinforced Concrete in Tension: Model Verification*” *ACI Materials Journal* Title no. 108-M56, pp 526.
- [3] Juhász K. P.: *Acél erősítésű betongerendák vizsgálata* (2015) pp. 7-10., 12-71.
- [4] Juhász, K. P. and Kis, V. (2017). “*The effect of the length of macro synthetic fibres on their performance in concrete*”. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, 246, 012027 pp. 3.
- [5] Czoboly, O. and Balázs, L. Gy. (2016). “*Influence of mixing time to the properties of steel fibres and steel fibres reinforced concrete.*” *Concrete Structures*, Vol. 17, pp. 23-28.
- [6] Tóth M.: *A szálkoktélók hatása a beton duktilitására* (2015) pp. 7-8.
- [7] Ketskemény L.: *Valószínűségszámítás* (1998) pp. 62.
- [8] Ketskemény L.: *Valószínűségszámítás* (1998) pp. 66.
- [9] <http://www2.univet.hu/users/biostatphd/alapok/06-statisztika-bevezeto.pdf> – pp. 26.
- [10] <http://www2.univet.hu/users/biostatphd/alapok/06-statisztika-bevezeto.pdf> – pp. 25.
- [11] <http://www2.univet.hu/users/biostatphd/alapok/06-statisztika-bevezeto.pdf> – pp. 37.
- [12] Juhász K. P.: *The effect of synthetic fibre reinforcement on the fracture energy of the concrete* pp. 27.
- [13] Juhász K. P.: *The effect of synthetic fibre reinforcement on the fracture energy of the concrete* pp. 29.

9. MELLÉKLETEK

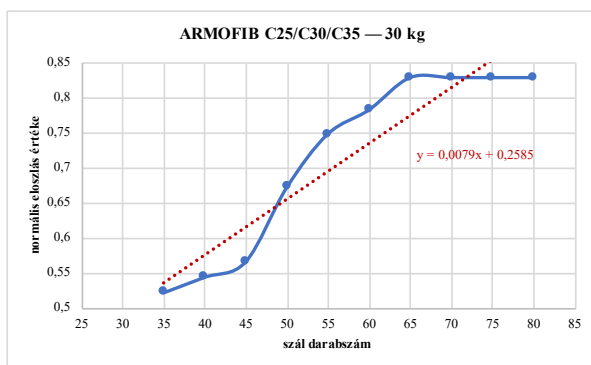
9.1. Grafikus normalitásvizsgálat



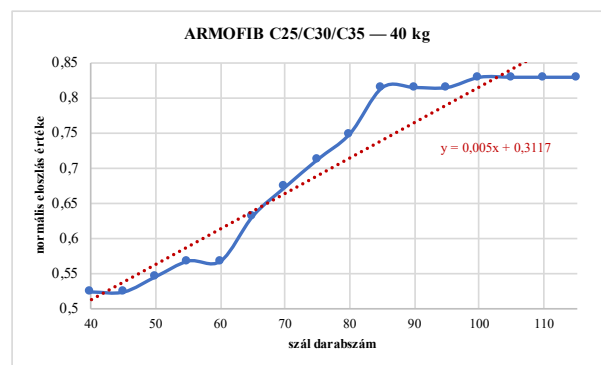
4. 2. 1. ábra ARMOFIB szálak grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



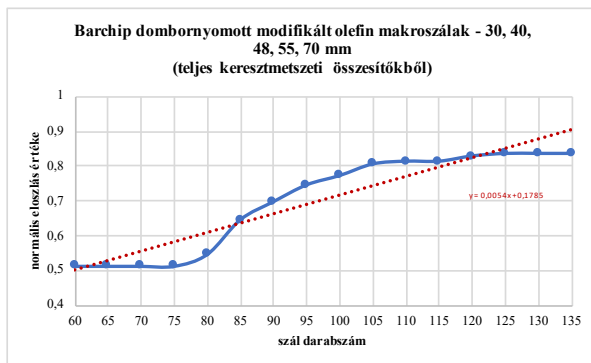
4. 2. 2. ábra ARMOFIB szálak grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



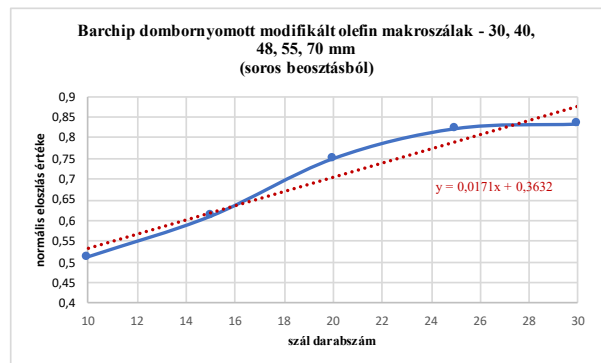
4. 2. 3. ábra ARMOFIB szálak grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



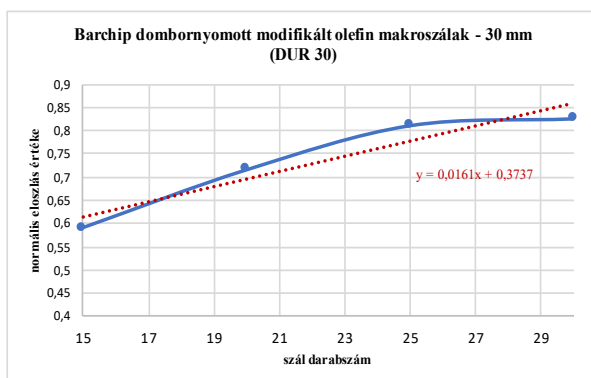
4. 2. 4. ábra ARMOFIB szálak grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



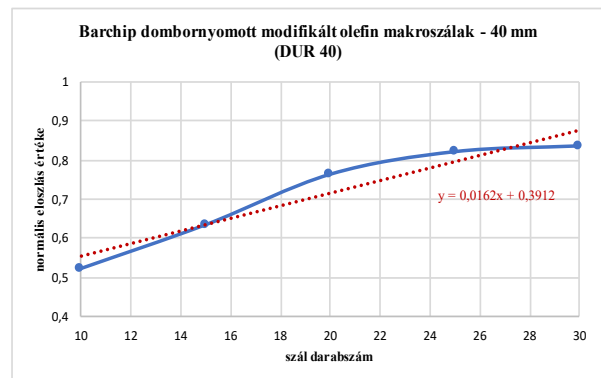
4. 2. 5. ábra Barchip dombornyomott makroszálak grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



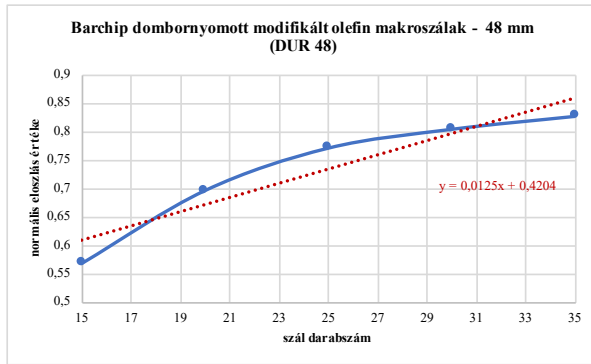
4. 2. 6. ábra Barchip dombornyomott makroszálak grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



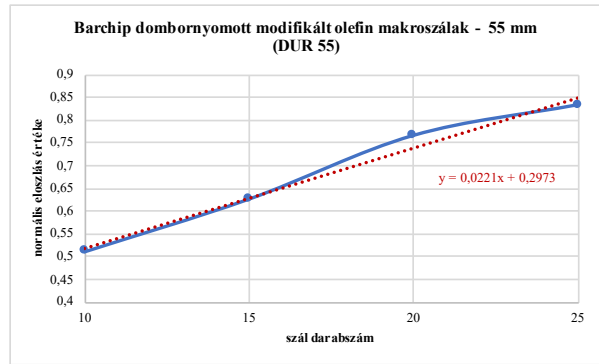
4. 2. 7. ábra Barchip dombornyomott makroszálak grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



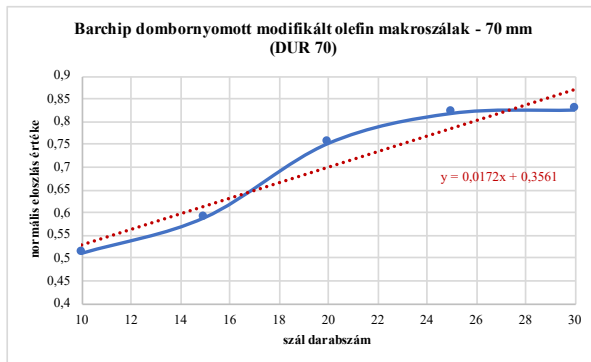
4. 2. 8. ábra Barchip dombornyomott makroszálak grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



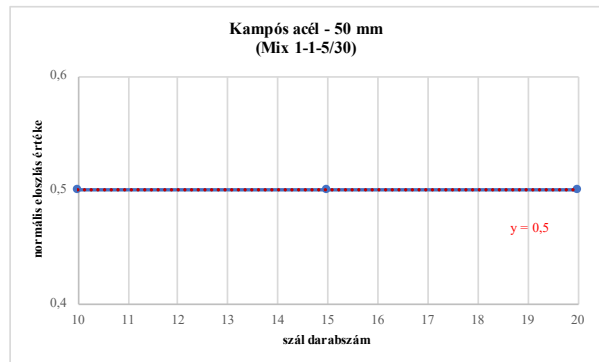
4. 2. 9. ábra ARMOFIB szálak grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



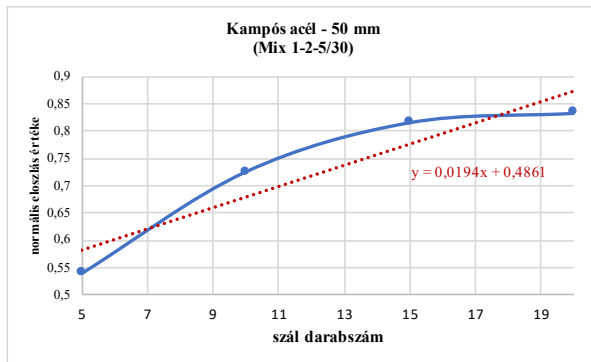
4. 2. 10. ábra Barchip dombornyomott makroszálak grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



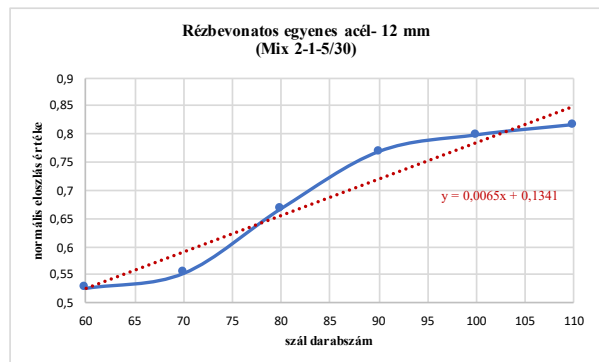
4. 2. 11. ábra Barchip dombornyomott makroszálak grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



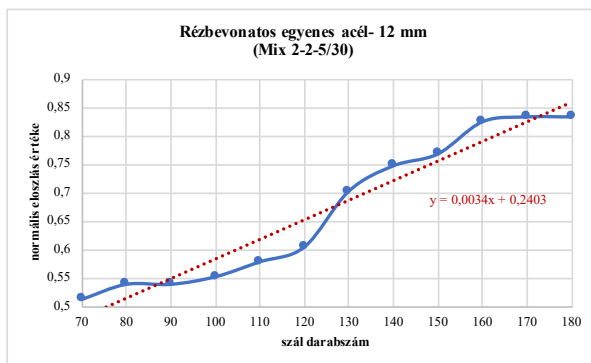
4. 2. 12. ábra Kampós acél szál grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



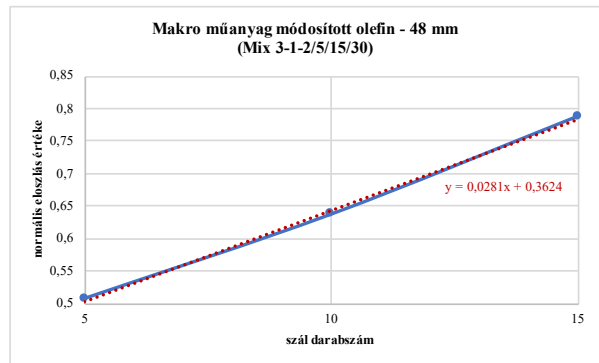
4. 2. 13. ábra Kampós acél szál grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



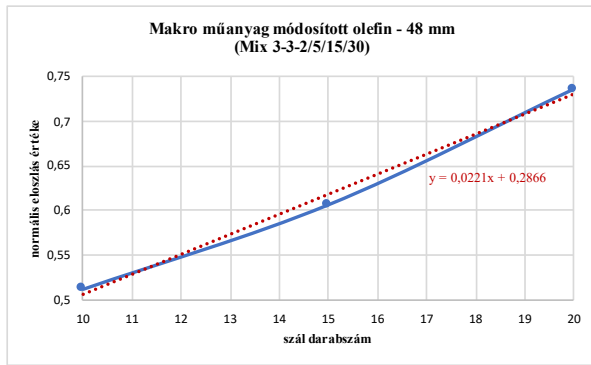
4. 2. 14. ábra Rézbevonatos egyenes acél grafikus normalitás vizsgálata (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



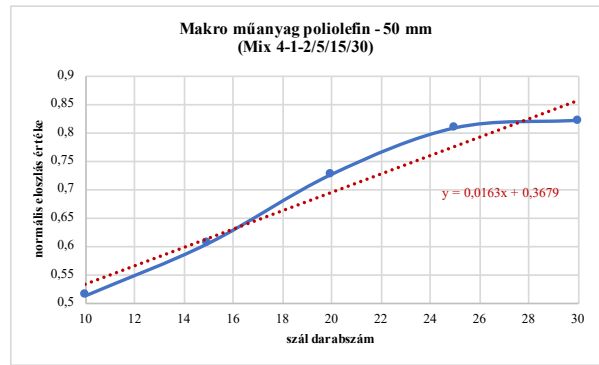
4. 2. 15. ábra Rézbevonatos egyenes acél grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



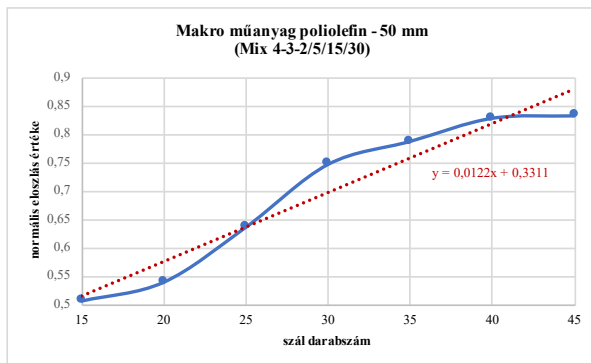
4. 2. 16. ábra Makro műanyag módosított olefin grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



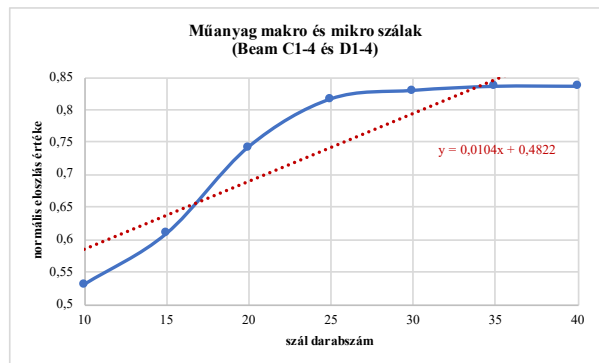
4. 2. 17. ábra Makro műanyag módosított olefin grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



4. 2. 18. ábra Makro műanyag poliolefin grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)

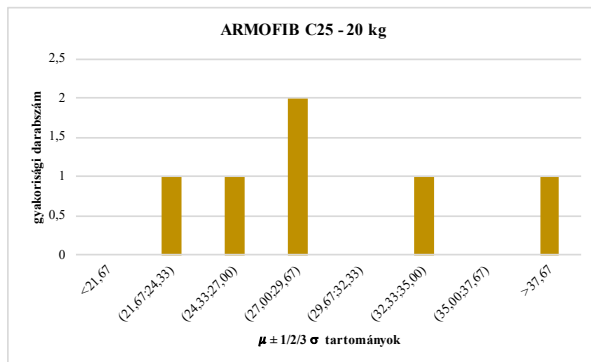


4. 2. 19. ábra Makro műanyag poliolefin grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)

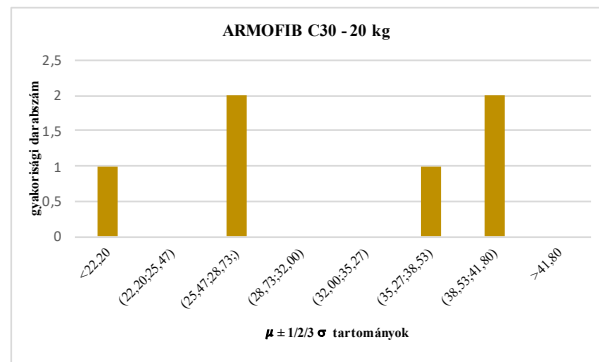


4. 2. 20. ábra Műanyag mikro és makro szálak grafikus normalitásvizsgálata (kísérleti adatok: Tóth Mária)

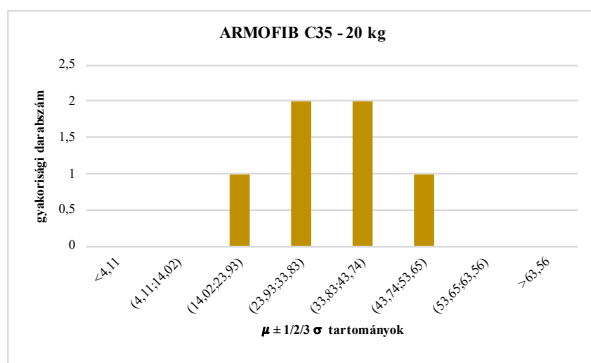
9.2. Grafikus eloszlás – hisztogramok



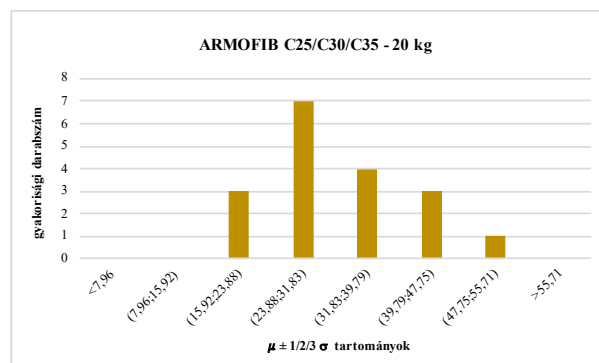
4. 3. 1. ábra ARMOFIB 20 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



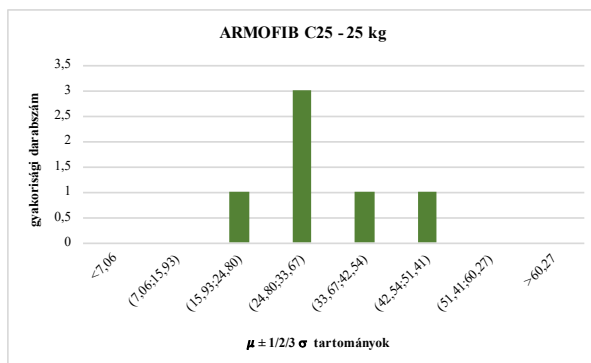
4. 3. 2. ábra ARMOFIB 20 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



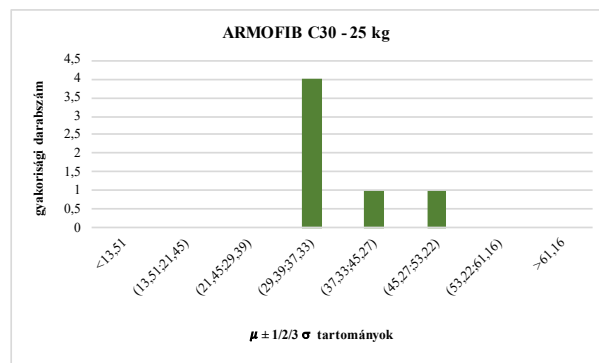
4. 3. 3. ábra ARMOFIB 20 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



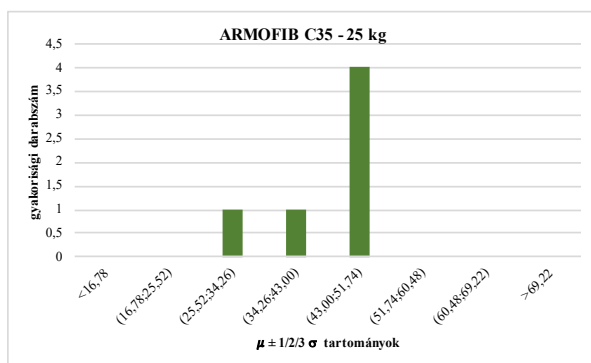
4. 3. 4. ábra ARMOFIB 20 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



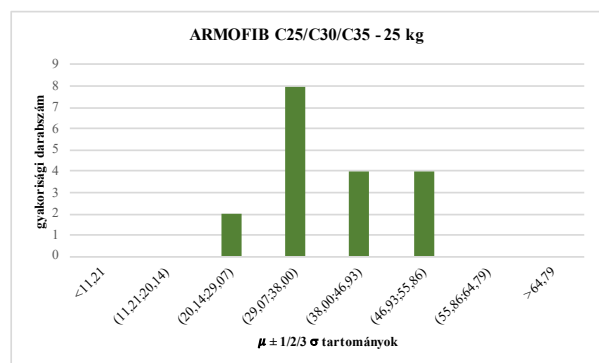
4. 3. 5. ábra ARMOFIB 25 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



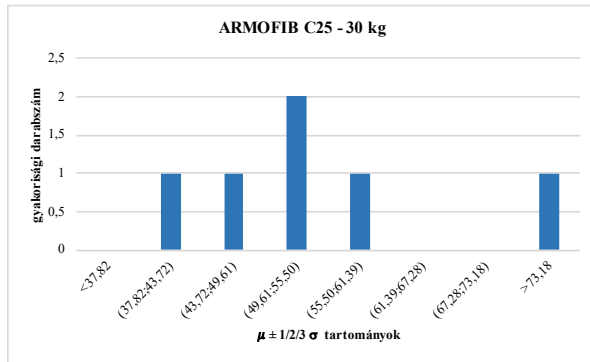
4. 3. 6. ábra ARMOFIB 25 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



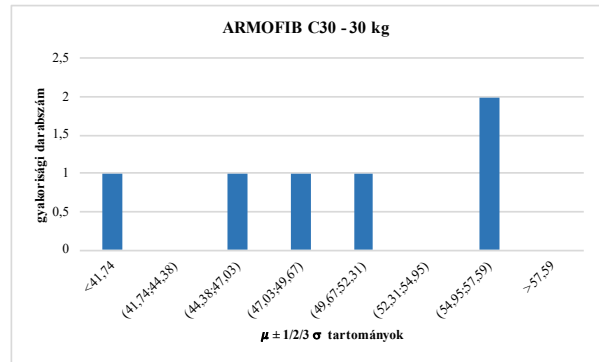
4. 3. 7. ábra ARMOFIB 25 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



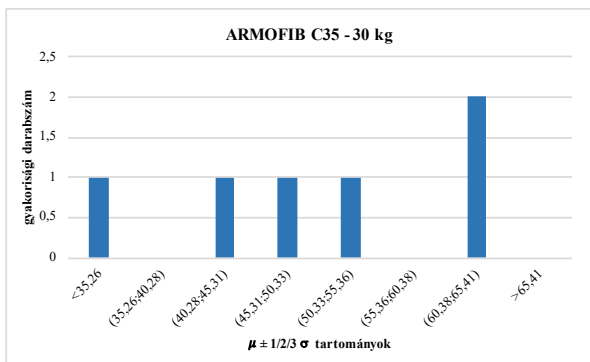
4. 3. 8. ábra ARMOFIB 20 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



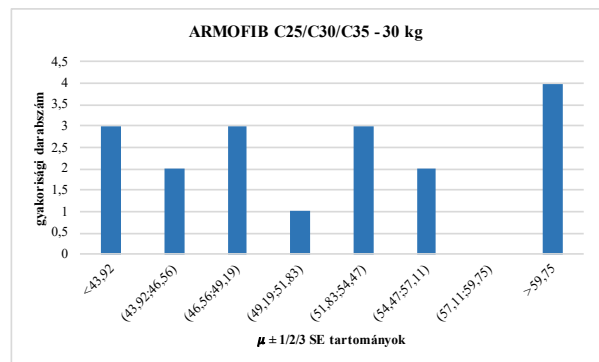
4. 3. 9. ábra ARMOFIB 30 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



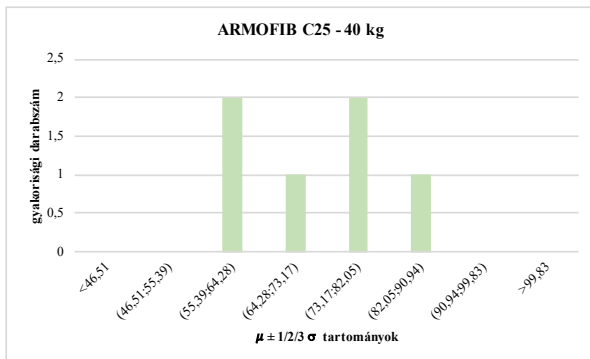
4. 3. 10. ábra ARMOFIB 30 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



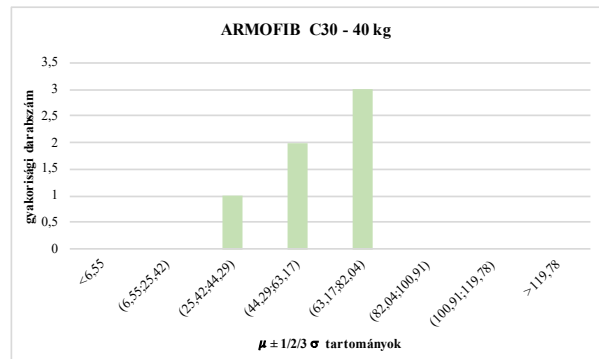
4. 3. 11. ábra ARMOFIB 30 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



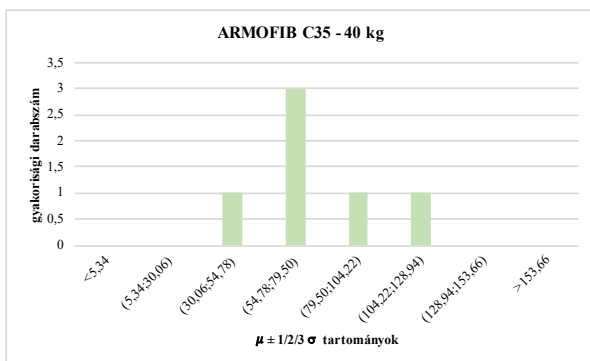
4. 3. 12. ábra ARMOFIB 30 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



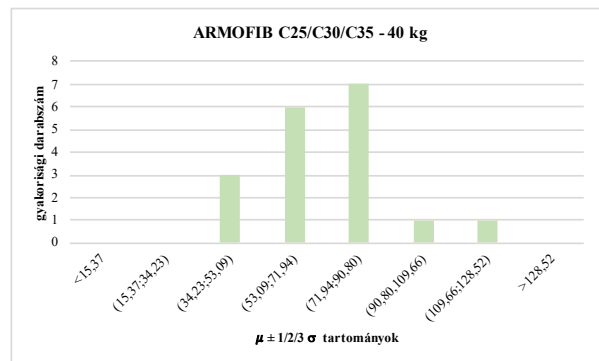
4. 3. 13. ábra ARMOFIB 40 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



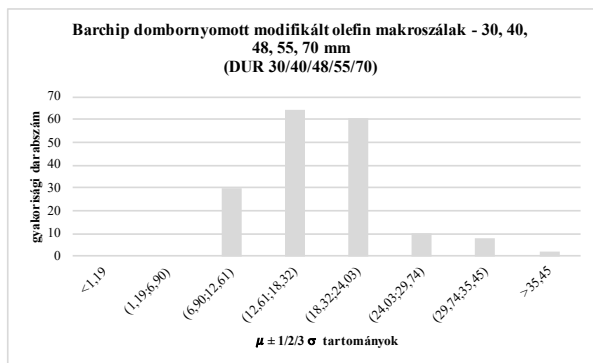
4. 3. 14. ábra ARMOFIB 40 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



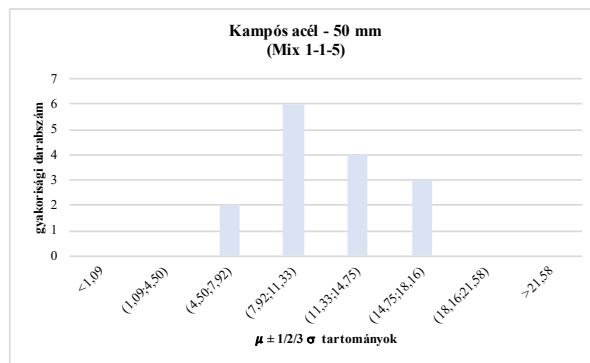
4. 3. 15. ábra ARMOFIB 40 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



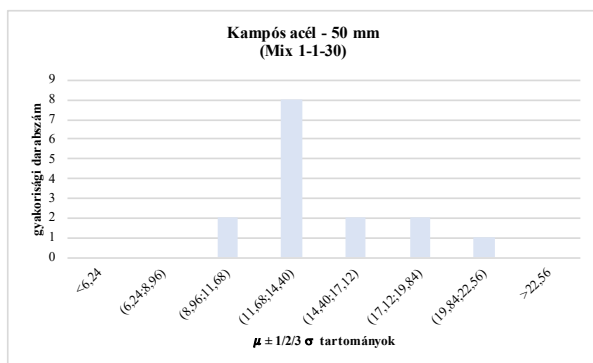
4. 3. 16. ábra ARMOFIB 40 kg-os keverés adatainak gyakorisági eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



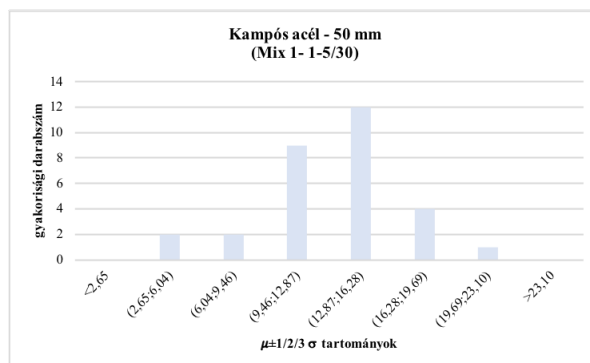
4. 3. 17. ábra Barchip dombornyomott makro szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)



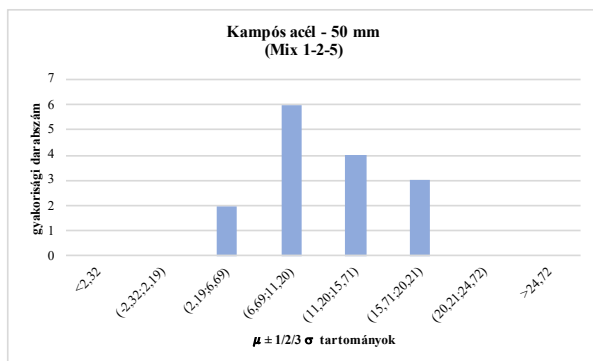
4. 3. 18. ábra Kampós acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



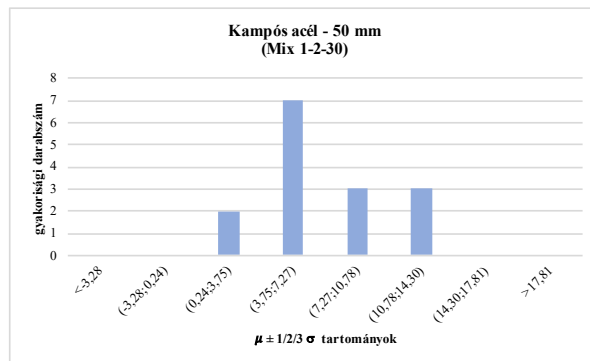
4. 3. 19. ábra Kampós acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



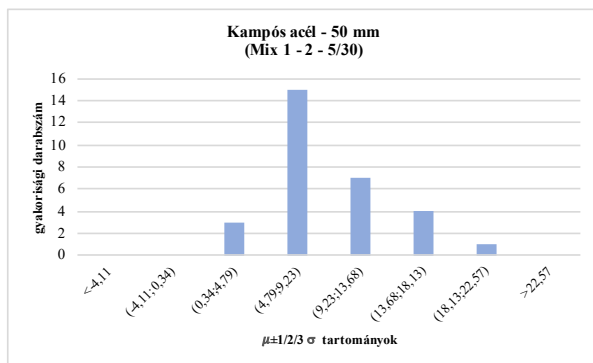
4. 3. 20. ábra Kampós acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



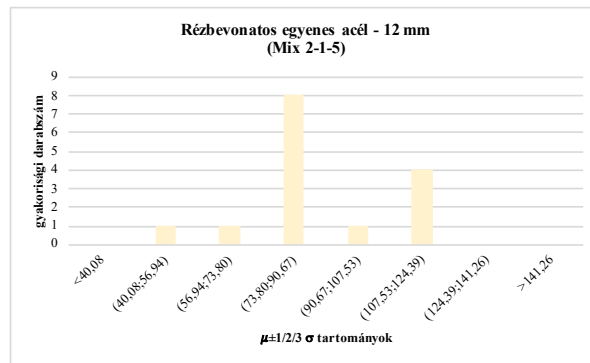
4. 3. 21. ábra Kampós acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



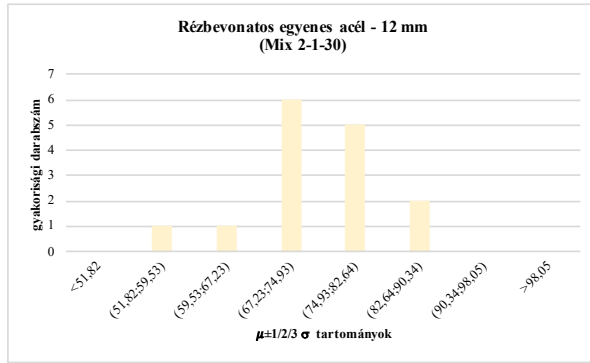
4. 3. 22. ábra Kampós acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



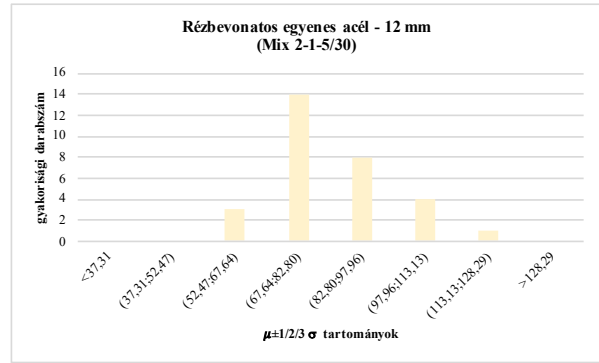
4. 3. 23. ábra Kampós acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



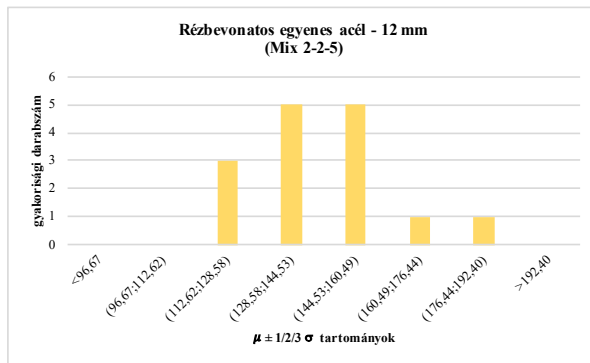
4. 3. 24. ábra Rézbevonatos egyenes acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



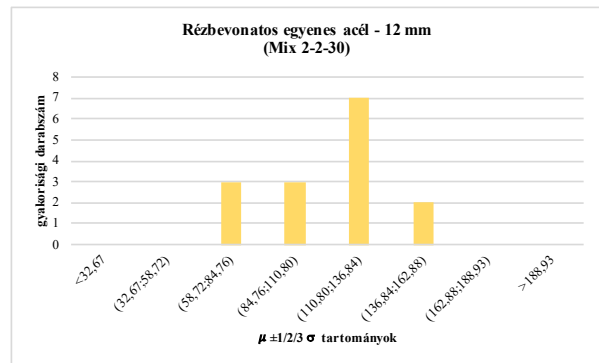
4. 3. 25. ábra Rézbevonatos egyenes acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



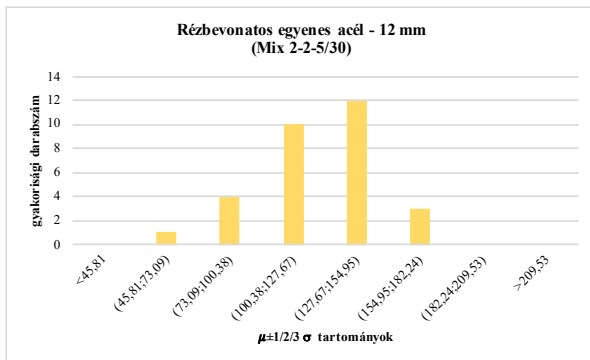
4. 3. 26. ábra Rézbevonatos egyenes acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



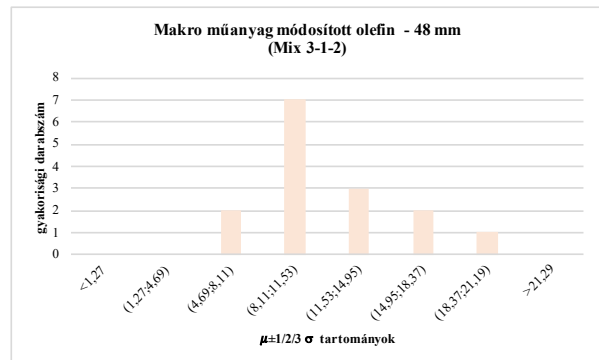
4. 3. 27. ábra Rézbevonatos egyenes acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



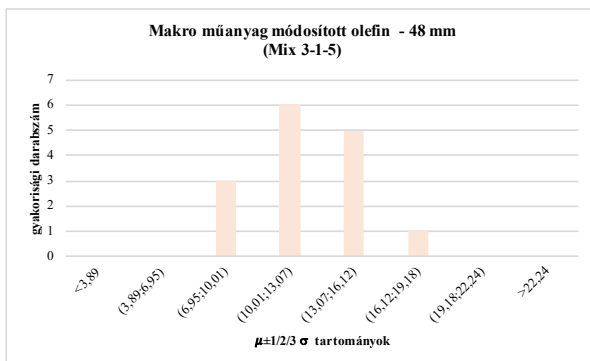
4. 3. 28. ábra Rézbevonatos egyenes acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



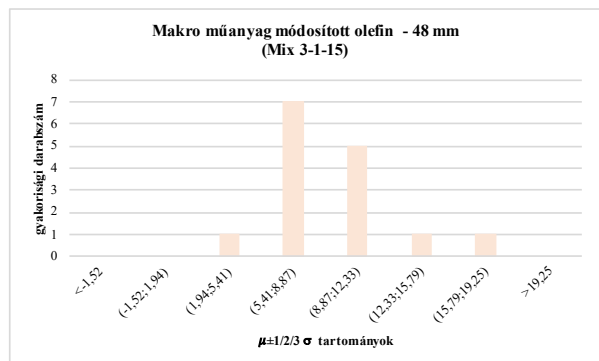
4. 3. 29. ábra Rézbevonatos egyenes acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



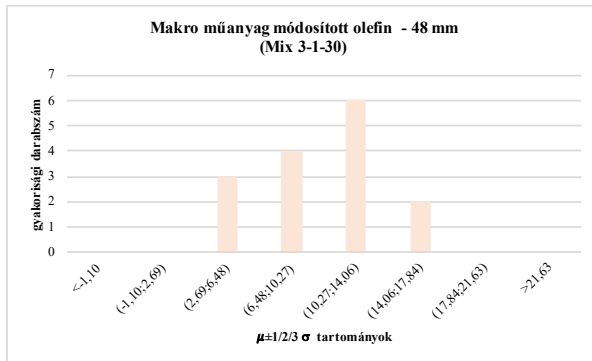
4. 3. 30. ábra Rézbevonatos egyenes acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



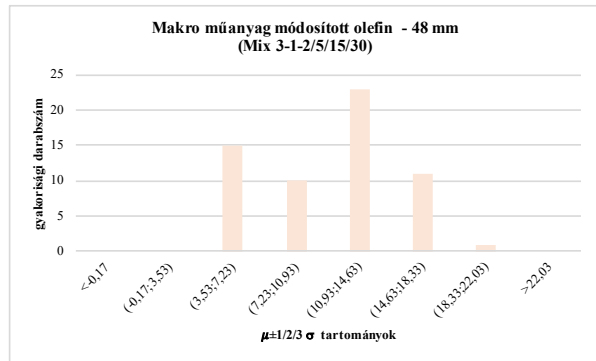
4. 3. 31. ábra Rézbevonatos egyenes acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



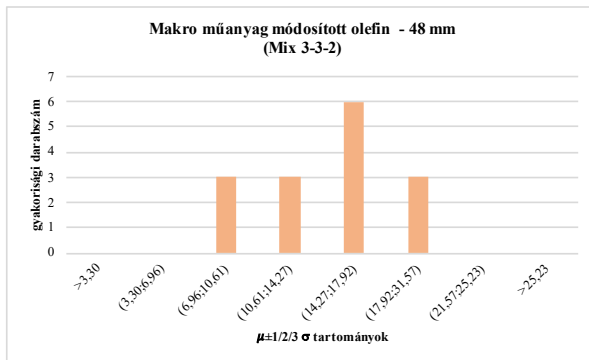
4. 3. 32. ábra Rézbevonatos egyenes acél szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



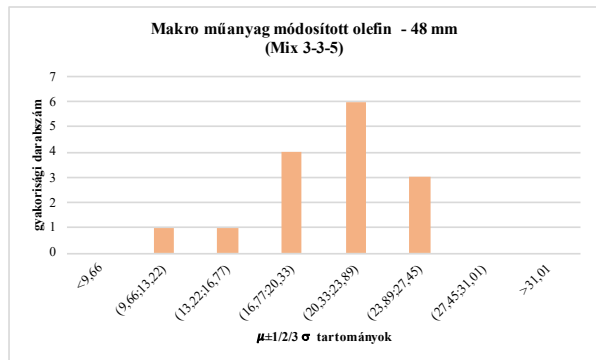
4. 3. 33. ábra Makro műanyag módosított olefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



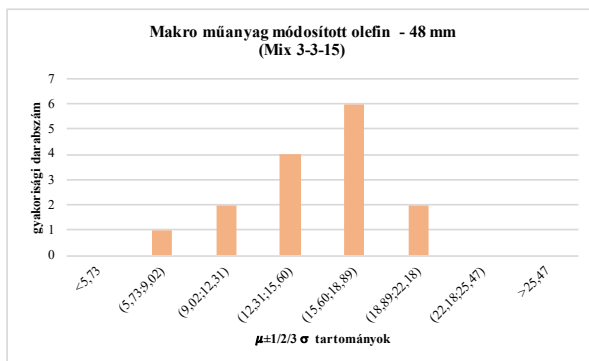
4. 3. 34. ábra Makro műanyag módosított olefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



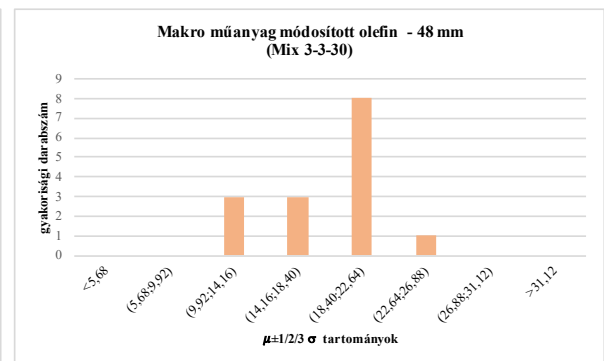
4. 3. 35. ábra Makro műanyag módosított olefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



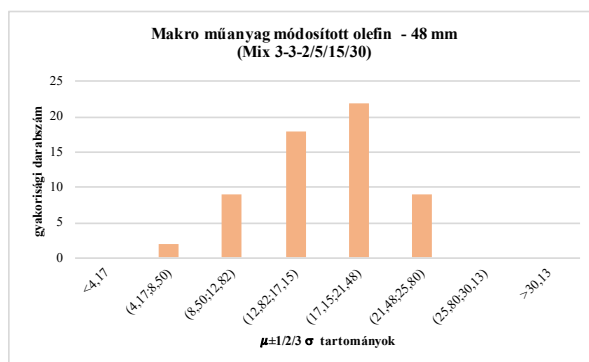
4. 3. 36. ábra Makro műanyag módosított olefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



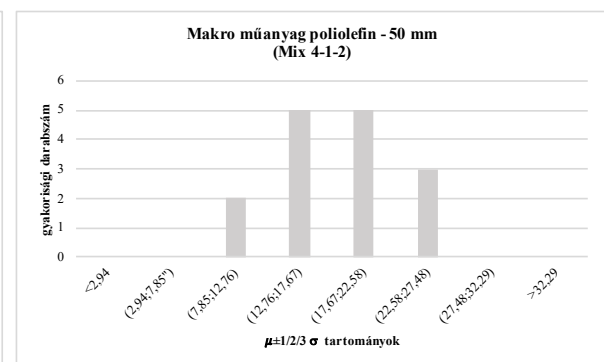
4. 3. 37. ábra Makro műanyag módosított olefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



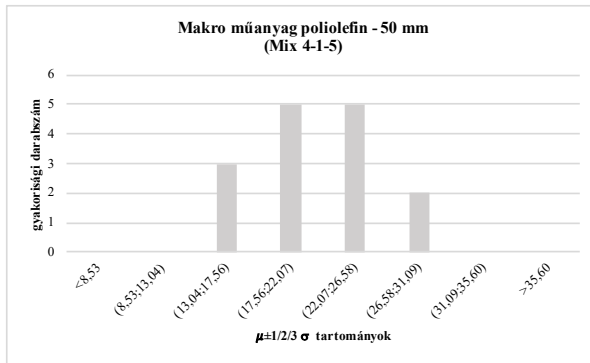
4. 3. 38. ábra Makro műanyag módosított olefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



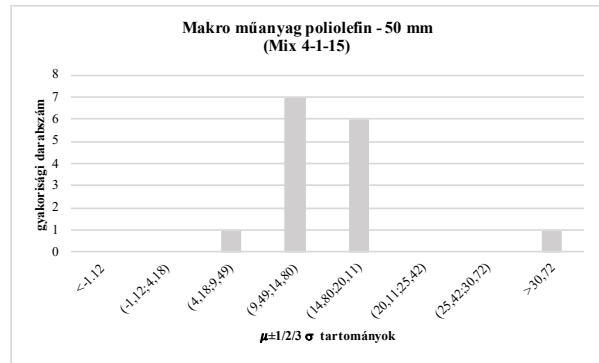
4. 3. 39. ábra Makro műanyag módosított olefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



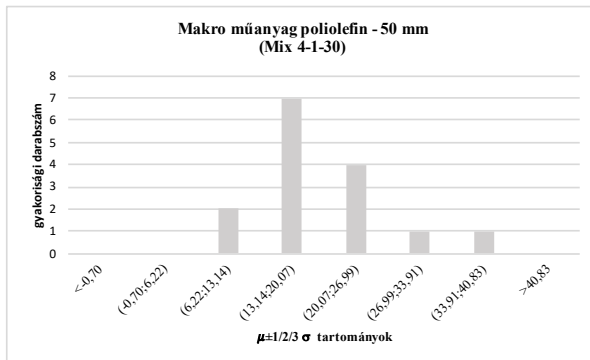
4. 3. 40. ábra Makro műanyag poliolefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



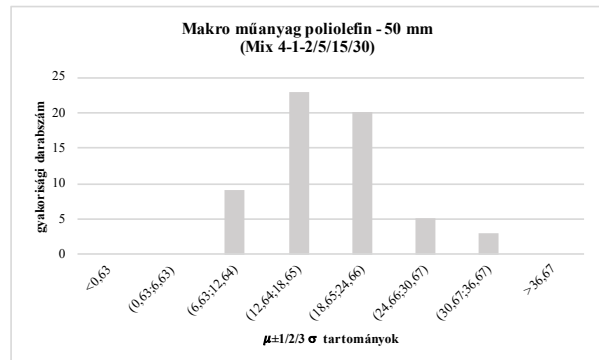
4. 3. 41. ábra Makro műanyag poliolefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



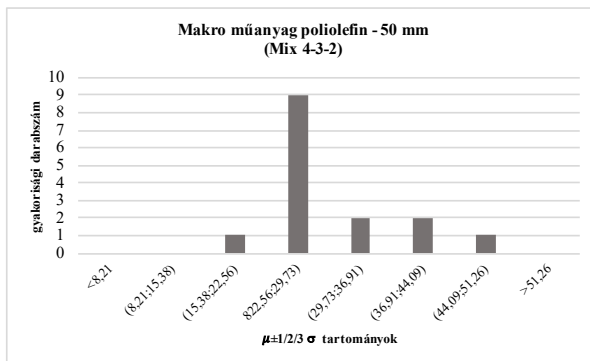
4. 3. 42. ábra Makro műanyag poliolefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



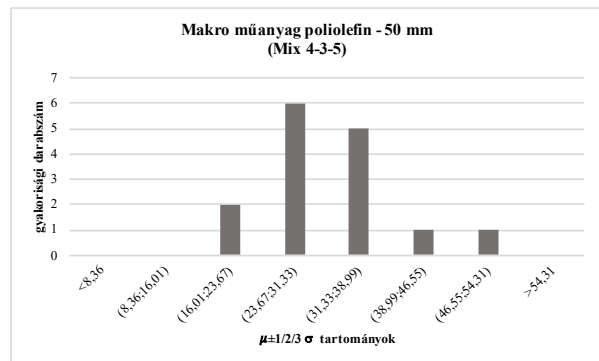
4. 3. 43. ábra Makro műanyag poliolefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



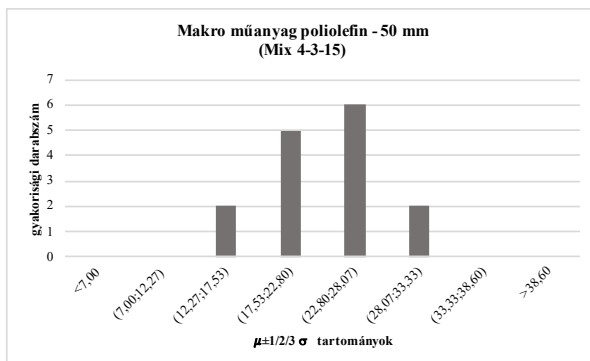
4. 3. 44. ábra Makro műanyag poliolefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



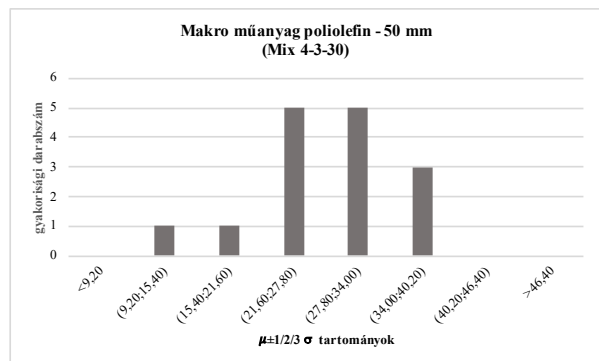
4. 3. 45. ábra Makro műanyag poliolefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



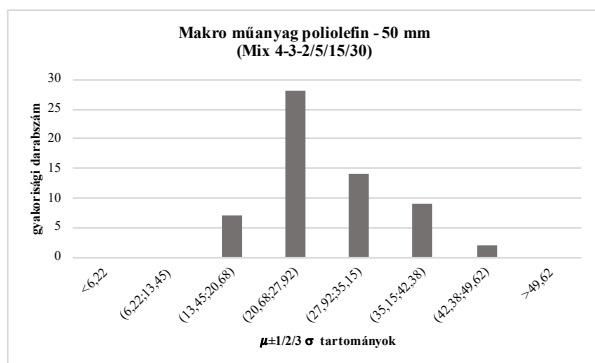
4. 3. 46. ábra Makro műanyag poliolefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



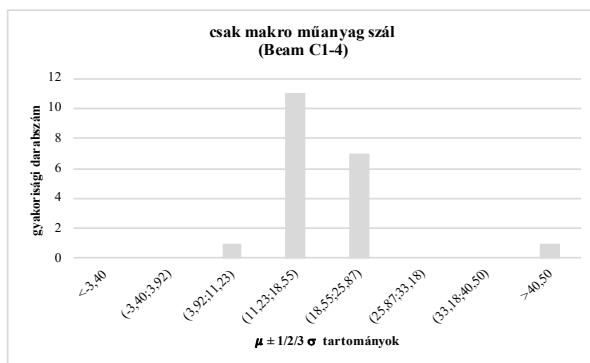
4. 3. 47. ábra Makro műanyag poliolefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



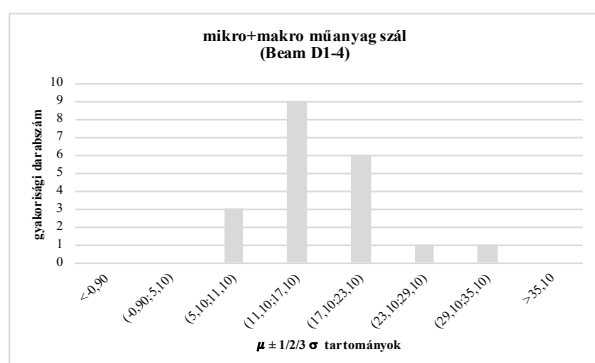
4. 3. 48. ábra Makro műanyag poliolefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



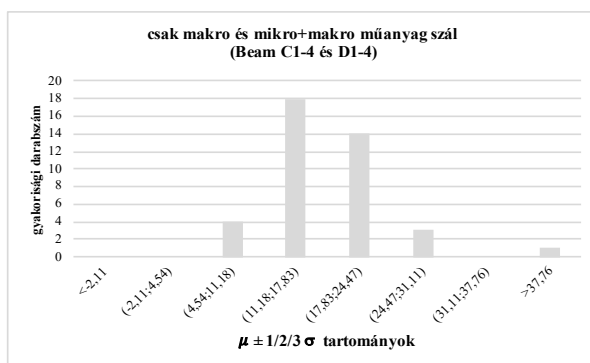
4. 3. 49. ábra Makro műanyag poliolefin szál adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)



4. 3. 50. ábra Beam C1-4 kísérletek adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Tóth Mária)



4. 3. 51. ábra Beam D1-4 kísérletek adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Tóth Mária)



4. 3. 52. ábra Beam C1-4 és D1-4 kísérletek adatainak grafikus eloszlása (kísérleti adatok: Tóth Mária)

9.3. Hisztogramok egyes tartományainak vizsgálata

TÍPUS	db	σ	$\pm 3 \sigma$ (100%)	$\pm 2 \sigma$ (95%)	$\pm \sigma$ (67%)	eloszlás
ARMOFIB C25 - 20kg	6	6,53	83,33	66,67	33,33	normális (nincs elég adat)
ARMOFIB C30 - 20kg	6	3,27	83,33	50	0	normális (nincs elég adat)
ARMOFIB C35 - 20kg	6	9,91	100	100	66,67	normális
ARMOFIB C25/C30/C35 - 20kg	18	7,96	100	94,44	61,11	normális
ARMOFIB C25 - 25kg	6	8,87	100	100	66,67	normális
ARMOFIB C30 - 25kg	6	7,94	100	100	83,33	normális
ARMOFIB C35 - 25kg	6	8,74	100	100	83,33	normális
ARMOFIB C25/C30/C35 - 25kg	18	8,93	100	100	66,67	normális
ARMOFIB C25 - 30kg	6	5,89	83,33	66,67	50	normális (nincs elég adat)
ARMOFIB C30 - 30kg	6	2,64	83,33	60	33,33	normális (nincs elég adat)
ARMOFIB C35 - 30kg	6	5,02	83,33	50	33,33	normális (nincs elég adat)
ARMOFIB C25/C30/C35 - 30kg	18	2,64	61,11	50	22,22	közelítőleg normális
ARMOFIB C25 - 40kg	6	8,89	100	100	50	közelítőleg normális
ARMOFIB C30 - 40kg	6	18,87	100	100	83,33	normális
ARMOFIB C35 - 40kg	6	24,72	100	100	66,67	normális
ARMOFIB C25/C30/C35 - 40kg	18	18,86	100	94,44	72,22	normális

4. 4. 1. ábra AMORFIB acél szálak $[\mu \pm 3\sigma]$ intervallumon előforduló adatainak százalékos megoszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)

TÍPUS	db	σ	$\pm 3 \sigma$ (100%)	$\pm 2 \sigma$ (95%)	$\pm \sigma$ (67%)	eloszlás
DUR	175	5,71	98,86	94,29	71,43	normális

4. 4. 2. ábra Barchip dombornyomott makro szál $[\mu \pm 3\sigma]$ intervallumon előforduló adatainak százalékos megoszlása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)

TÍPUS	db	σ	$\pm 3 \sigma$ (100%)	$\pm 2 \sigma$ (95%)	$\pm \sigma$ (67%)	eloszlás
Mix 1-1-5	15	3,42	100	100	66,67	normális
Mix 1-1-30	15	2,72	100	93,33	66,67	normális
Mix 1-1-5/30	30	3,41	100	90	70	normális
Mix 1-2-5	15	4,51	100	100	66,67	normális
Mix 1-2-30	15	3,51	100	100	66,67	normális
Mix 1-2-5/30	30	4,45	100	96,67	73,33	normális
Mix 2-1-5	15	16,86	100	93,33	60	közelítőleg normális
Mix 2-1-30	15	7,7	100	93,33	73,33	normális
Mix 2-1-5/30	30	15	100	96,67	73,33	normális
Mix 2-2-5	15	15,95	100	93,33	66,67	normális
Mix 2-2-30	15	26,04	100	100	66,67	normális
Mix 2-2-5/30	30	27,29	100	96,67	73,33	normális
Mix 3-1-2	15	3,42	100	93,33	66,67	normális
Mix 3-1-5	15	3,06	100	100	73,33	normális
Mix 3-1-15	15	3,46	100	93,33	80	normális
Mix 3-1-30	15	3,79	100	100	66,67	normális
Mix 3-1-2/5/15/30	60	3,7	100	98,33	55	közelítőleg normális
Mix 3-3-2	15	3,65	100	100	60	közelítőleg normális
Mix 3-3-5	15	3,56	100	93,33	66,67	normális
Mix 3-3-15	15	3,29	100	93,33	73,33	normális
Mix 3-3-30	15	4,24	100	100	73,33	normális
Mix 3-3-2/5/15/30	60	4,33	100	96,67	66,67	normális

4. 4. 3a. ábra Mix keverékek $[\mu \pm 3\sigma]$ intervallumon előforduló adatainak százalékos megoszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)

TÍPUS	db	σ	$\pm 3 \sigma$ (100%)	$\pm 2 \sigma$ (95%)	$\pm \sigma$ (67%)	eloszlás
Mix 4-1-2	15	4,91	100	100	73,33	normális
Mix 4-1-5	15	4,51	100	100	73,33	normális
Mix 4-1-15	15	5,31	93,33	93,33	73,33	normális
Mix 4-1-30	15	6,92	100	93,33	73,33	normális
Mix 4-1-2/5/15/30	60	6,01	100	95	71,67	normális
Mix 4-3-2	15	7,18	100	93,33	73,33	normális
Mix 4-3-5	15	7,66	100	93,33	73,33	normális
Mix 4-3-15	15	5,27	100	100	73,33	normális
Mix 4-3-30	15	6,2	100	93,33	66,67	normális
Mix 4-3-2/5/15/30	60	7,23	100	96,67	70	normális

4. 4. 3b. ábra Mix keverékek $[\mu \pm 3\sigma]$ intervallumon előforduló adatainak százalékos megoszlása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)

TÍPUS	db	σ	$\pm 3 \sigma$ (100%)	$\pm 2 \sigma$ (95%)	$\pm \sigma$ (67%)	eloszlás
csak makro műanyag szál	20	7,32	95	95	90	normális
mikro+makro műanyag szál	20	6,00	100	95	75	normális
csak makro és mikro+makro	40	6,64	97,5	97,5	80	normális

4. 4. 4. ábra Beam műanyag makro és mikro szálak $[\mu \pm 3\sigma]$ intervallumon előforduló adatainak százalékos megoszlása (kísérleti adatok: Tóth Mária)

9.4. Mintaátlag standard hibája – ferdeség/lapultság

Típus	SE	2SE	Ferdeség	teljesül	Lapultság	teljesül	normalitása
ARMOFIB C25 - 20kg	2,67	5,34	0,8455	✓	1,1027	✓	normális
ARMOFIB C30 - 20kg	3,27	6,54	-0,2182	✓	-2,2024	✓	normális
ARMOFIB C35 - 20kg	4,04	8,08	0,4065	✓	-0,9360	✓	normális
ARMOFIB C25/C30/C35 - 20kg	1,88	3,76	0,4895	✓	-0,7108	✓	normális
ARMOFIB C25 - 25kg	3,62	7,24	0,6203	✓	2,1229	✓	normális
ARMOFIB C30 - 25kg	3,24	6,48	1,2172	✓	2,2941	✓	normális
ARMOFIB C35 - 25kg	3,57	7,14	-1,0571	✓	2,4002	✓	normális
ARMOFIB C25/C30/C35 - 25kg	2,11	4,22	0,1514	✓	-1,0181	✓	normális
ARMOFIB C25 - 30kg	5,89	11,78	1,0827	✓	2,5255	✓	normális
ARMOFIB C30 - 30kg	2,64	5,28	-0,5794	✓	0,2400	✓	normális
ARMOFIB C35 - 30kg	5,02	10,04	-0,3843	✓	-0,3166	✓	normális
ARMOFIB C25/C30/C35 - 30kg	2,64	5,28	0,7668	✓	2,2569	✓	normális
ARMOFIB C25 - 40kg	3,63	7,26	-0,3311	✓	-1,9497	✓	normális
ARMOFIB C30 - 40kg	7,7	15,4	-0,3963	✓	-1,0843	✓	normális
ARMOFIB C35 - 40kg	10,09	20,18	0,6502	✓	-0,3456	✓	normális
ARMOFIB C25/C30/C35 - 40kg	4,44	8,88	0,4872	✓	1,5781	✓	normális

4. 5. 1. ábra ARMOFIB szál mintaátlag standard hibahatára és a göbék ferdeségének/lapultságának vizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)

Típus	SE	2SE	Ferdeség	teljesül	Lapultság	teljesül	normalitása
DUR 30	0,88	1,76	0,3792	✓	0,4154	✓	normális
DUR 40	0,90	1,81	1,0074	✓	1,6838	✓	normális
DUR 48	1,24	2,48	0,8615	✓	0,2748	✓	normális
DUR 55	0,71	1,42	-0,0474	✓	-0,9029	✓	normális
DUR 70	0,89	1,78	0,8758	✓	1,5789	✓	normális
DUR 30/40/48/55/70	0,42	0,85	0,6735	✓	0,8432	✓	normális

4. 5. 2. ábra Barchip dombornyomott makro szál mintaátlag standard hibahatára és a göbék ferdeségének/lapultságának vizsgálata (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)

Típus	SE	2SE	Ferdeség	teljesül	Lapultság	teljesül	normalitása
Beam C1-4	1,64	3,28	1,9962	✓	7,6673	—	—
Beam D1-4	1,34	2,68	0,7070	✓	0,4579	✓	normális
Beam C1-4 és D1-4	1,05	2,1	1,5959	✓	5,2748	—	—

4. 5. 3. ábra Beam műanyag mikro és makro szál mintaátlag standard hibahatára és a göbék ferdeségének/lapultságának vizsgálata (kísérleti adatok: Tóth Mária)

Típus	SE	2SE	Ferdeség	teljesül	Lapultság	teljesül	normalitása
Mix 1-1-5	0,88	1,76	0,1394	✓	-0,4819	✓	normális
Mix 1-1-30	0,7	1,4	1,0604	✓	1,2882	✓	normális
Mix 1-1-5/30	0,62	1,24	0,0787	✓	0,2562	✓	normális
Mix 1-2-5	1,16	2,32	0,5477	✓	-0,5423	✓	normális
Mix 1-2-30	0,91	1,82	0,1794	✓	-0,2692	✓	normális
Mix 1-2-5/30	0,81	1,62	0,5750	✓	0,1945	✓	normális
Mix 2-1-5	4,35	8,7	-0,2325	✓	-0,1386	✓	normális
Mix 2-1-30	1,99	3,98	-0,3303	✓	0,3373	✓	normális
Mix 2-1-5/30	2,77	5,54	0,5756	✓	0,1080	✓	normális
Mix 2-2-5	4,12	8,24	0,7723	✓	0,5143	✓	normális
Mix 2-2-30	6,72	13,44	-0,2628	✓	-0,1072	✓	normális
Mix 2-2-5/30	4,98	9,96	-0,5532	✓	0,4630	✓	normális
Mix 3-1-2	0,88	1,76	0,7353	✓	0,3272	✓	normális
Mix 3-1-5	0,79	1,58	-0,1892	✓	-0,8406	✓	normális
Mix 3-1-15	0,89	1,78	0,4584	✓	-0,7198	✓	normális
Mix 3-1-30	0,98	1,96	0,2760	✓	-1,0316	✓	normális
Mix 3-1-2/5/15/30	3,7	7,4	0,1645	✓	-0,8001	✓	normális
Mix 3-3-2	0,94	1,88	-0,3756	✓	-0,5737	✓	normális
Mix 3-3-5	0,92	1,84	-1,0216	✓	1,2711	✓	normális
Mix 3-3-15	0,85	1,7	-0,7659	✓	0,3295	✓	normális
Mix 3-3-30	1,09	2,18	-0,4046	✓	-0,9659	✓	normális
Mix 3-3-2/5/15/30	0,56	1,12	-0,8670	✓	-0,6042	✓	normális
Mix 4-1-2	1,27	2,54	0,2794	✓	-0,7753	✓	normális
Mix 4-1-5	1,16	2,32	0,2062	✓	-0,2055	✓	normális
Mix 4-1-15	1,37	2,74	1,8927	✓	6,1425	—	—
Mix 4-1-30	1,79	3,58	0,2832	✓	0,4613	✓	normális
Mix 4-1-2/5/15/30	0,78	1,56	0,4566	✓	-0,1383	✓	normális
Mix 4-3-2	1,85	3,7	0,8349	✓	-0,1373	✓	normális
Mix 4-3-5	1,98	3,96	0,6356	✓	-0,1373	✓	normális
Mix 4-3-15	1,36	2,72	0,4899	✓	-0,2737	✓	normális
Mix 4-3-30	1,6	3,2	-0,4011	✓	0,4900	✓	normális
Mix 4-3-2/5/15/30	0,93	1,86	0,5686	✓	0,3039	✓	normális

4. 5. 4. ábra Mix keverékek mintaátlag standard hibahatára és a göbék ferdeségének/lapultságának vizsgálata (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)

9.5. Mintaátlagtól való eltérés

TÍPUS	SZÓRÁS	vizsgált adatsokaság	SE	1,96*SE	ÁTLAG	ÁTLAGELTÉRÉS (%)	...%-os átlageltéréshez szükséges darabszám			
							1%-os	5%-os	10%-os	20%-os
ARMOFIB C25 - 20kg	6,53	6 db	2,67	5,23	29,67 db/sor	17,64%	1861 db	75 db	19 db	5 db
ARMOFIB C30 - 20kg	3,27	6 db	3,27	6,41	32,00 db/sor	20,03%	401 db	16 db	4 db	1 db
ARMOFIB C35 - 20kg	9,91	6 db	4,04	7,92	33,83 db/sor	23,40%	3296 db	132 db	33 db	8 db
ARMOFIB C25/C30/C35 - 20kg	7,96	18 db	1,88	3,68	31,83 db/sor	11,58%	2403 db	96 db	24 db	6 db
ARMOFIB C25 - 25kg	8,87	6 db	3,62	7,10	33,67 db/sor	21,07%	2667 db	107 db	27 db	7 db
ARMOFIB C30 - 25kg	7,94	6 db	3,24	6,35	37,33 db/sor	17,01%	1738 db	70 db	17 db	4 db
ARMOFIB C35 - 25kg	8,74	6 db	3,57	7,00	43,00 db/sor	16,27%	1587 db	64 db	16 db	4 db
ARMOFIB C25/C30/C35 - 25kg	8,93	18 db	2,11	4,14	38,00 db/sor	10,88%	2122 db	85 db	21 db	5 db
ARMOFIB C25 - 30kg	5,89	6 db	5,89	11,54	55,50 db/sor	20,80%	433 db	17 db	4 db	1 db
ARMOFIB C30 - 30kg	2,64	6 db	2,64	5,17	49,67 db/sor	10,42%	109 db	4 db	1 db	1 db
ARMOFIB C35 - 30kg	5,02	6 db	5,02	9,84	50,33 db/sor	19,55%	382 db	15 db	4 db	1 db
ARMOFIB C25/C30/C35 - 30kg	2,64	18 db	2,64	5,17	51,83 db/sor	9,98%	100 db	4 db	1 db	1 db
ARMOFIB C25 - 40kg	8,89	6 db	3,63	7,11	73,17 db/sor	9,72%	567 db	23 db	6 db	2 db
ARMOFIB C30 - 40kg	18,87	6 db	7,7	15,09	63,17 db/sor	23,89%	3428 db	137 db	34 db	9 db
ARMOFIB C35 - 40kg	24,72	6 db	10,09	19,78	79,50 db/sor	24,88%	3714 db	149 db	37 db	9 db
ARMOFIB C25/C30/C35 - 40kg	18,86	18 db	4,44	8,70	71,94 db/sor	12,10%	2640 db	106 db	26 db	7 db

5. 1. 1. ábra ARMOFIB szál adatainak mintaátlagtól való eltérése (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)

TÍPUS	SZÓRÁS	vizsgált adatsokaság	SE	1,96*SE	ÁTLAG	ÁTLAGELTÉRÉS (%)	...%-os átlageltéréshez szükséges darabszám			
							1%-os	5%-os	10%-os	20%-os
Mix 1-1-5	3,42	15 db	0,88	1,72	11,33 db/sor	15,22%	3498 db	140 db	35 db	9 db
Mix 1-1-30	2,72	15 db	0,7	1,37	14,40 db/sor	9,53%	1371 db	55 db	14 db	4 db
Mix 1-1-5/30	3,41	30 db	0,62	1,22	12,87 db/sor	9,44%	2697 db	108 db	27 db	7 db
Mix 1-2-5	4,51	15 db	1,16	2,27	11,20 db/sor	20,30%	6229 db	249 db	62 db	16 db
Mix 1-2-30	3,51	15 db	0,91	1,78	7,27 db/sor	24,54%	8963 db	359 db	90 db	23 db
Mix 1-2-5/30	4,45	30 db	0,81	1,59	9,23 db/sor	17,20%	8930 db	357 db	89 db	22 db
Mix 2-1-5	16,86	15 db	4,35	8,53	90,67 db/sor	9,40%	1329 db	53 db	13 db	3 db
Mix 2-1-30	7,7	15 db	1,99	3,90	74,93 db/sor	5,21%	406 db	16 db	4 db	1 db
Mix 2-1-5/30	15	30 db	2,77	5,43	82,80 db/sor	6,56%	1261 db	51 db	13 db	3 db
Mix 2-2-5	15,95	15 db	4,12	8,08	144,53 db/sor	5,59%	468 db	19 db	5 db	1 db
Mix 2-2-30	26,04	15 db	6,72	13,17	110,80 db/sor	11,89%	2122 db	85 db	21 db	5 db
Mix 2-2-5/30	27,29	30 db	4,98	9,76	127,67 db/sor	7,65%	1755 db	70 db	18 db	4 db
Mix 3-1-2	3,42	15 db	0,88	1,72	11,53 db/sor	14,95%	3378 db	135 db	34 db	9 db
Mix 3-1-5	3,06	15 db	0,79	1,55	13,07 db/sor	11,85%	2107 db	84 db	21 db	5 db
Mix 3-1-15	3,46	15 db	0,89	1,74	8,87 db/sor	19,67%	5850 db	234 db	59 db	15 db
Mix 3-1-30	3,79	15 db	0,98	1,92	10,27 db/sor	18,71%	5235 db	210 db	52 db	13 db
Mix 3-1-2/5/15/30	3,7	60 db	3,7	7,25	10,93 db/sor	66,35%	4402 db	176 db	44 db	11 db
Mix 3-3-2	3,65	15 db	0,94	1,84	14,27 db/sor	12,91%	2515 db	101 db	25 db	6 db

5. 1.2a. ábra Mix keverékek adatainak mintaátlagtól való eltérése (kísérleti adatok: Czoboli Olivér)

TÍPUS	SZÓRÁS	vizsgált adatsokaság	SE	1,96*SE	ÁTLAG	ÁTLAGELTÉRÉS (%)	...%-os átlageltéréshez szükséges darabszám			
							1%-os	5%-os	10%-os	20%-os
Mix 3-3-5	3,56	15 db	0,92	1,80	20,33 db/sor	8,87%	1178 db	47 db	12 db	3 db
Mix 3-3-15	3,29	15 db	0,85	1,67	15,60 db/sor	10,68%	1709 db	68 db	17 db	4 db
Mix 3-3-30	4,24	15 db	1,09	2,14	18,40 db/sor	11,61%	2040 db	82 db	20 db	5 db
Mix 3-3-2/5/15/30	4,33	60 db	0,56	1,10	17,15 db/sor	6,40%	2449 db	98 db	25 db	6 db
Mix 4-1-2	4,91	15 db	1,27	2,49	17,67 db/sor	14,09%	2967 db	119 db	30 db	8 db
Mix 4-1-5	4,51	15 db	1,16	2,27	22,07 db/sor	10,30%	1605 db	64 db	16 db	4 db
Mix 4-1-15	5,31	15 db	1,37	2,69	14,80 db/sor	18,14%	4945 db	198 db	50 db	12 db
Mix 4-1-30	6,92	15 db	1,79	3,51	20,07 db/sor	17,48%	4569 db	183 db	46 db	12 db
Mix 4-1-2/5/15/30	6,01	60 db	0,78	1,53	18,65 db/sor	8,20%	3989 db	160 db	40 db	10 db
Mix 4-3-2	7,18	15 db	1,85	3,63	29,73 db/sor	12,20%	2240 db	90 db	23 db	6 db
Mix 4-3-5	7,66	15 db	1,98	3,88	31,33 db/sor	12,39%	2296 db	92 db	23 db	6 db
Mix 4-3-15	5,27	15 db	1,36	2,67	22,80 db/sor	11,69%	2053 db	82 db	21 db	5 db
Mix 4-3-30	6,2	15 db	1,6	3,14	27,80 db/sor	11,28%	1911 db	77 db	19 db	5 db
Mix 4-3-2/5/15/30	7,23	60 db	0,93	1,82	27,92 db/sor	6,53%	2576 db	103 db	26 db	7 db

5. 1.2b. ábra Mix keverékek adatainak mintaátlagtól való eltérése (kísérleti adatok: Czoboli Olivér)

TÍPUS	SZÓRÁS	vizsgált adatsokaság	SE	1,96*SE	ÁTLAG	ÁTLAGELTÉRÉS (%)	...%-os átlageltéréshez szükséges darabszám			
							1%-os	5%-os	10%-os	20%-os
DUR	5,71	175 db	0,43	0,84	18,32 db/sor	4,60%	3732 db	149 db	37 db	9 db

5. 1.3. Barchip dombornyomott makro szálak adatainak mintaátlagtól való eltérése (kísérleti adatok: Juhász Péter Károly)

TÍPUS	SZÓRÁS	vizsgált adatsokaság	SE	1,96*SE	ÁTLAG	ÁTLAGELTÉRÉS (%)	...%-os átlageltéréshez szükséges darabszám			
							1%-os	5%-os	10%-os	20%-os
BEAM C1-4	7,32	20 db	1,64	3,21	18,55 db/sor	17,33%	5982 db	239 db	60 db	15 db
BEAM D1-4	6	20 db	1,34	2,63	17,10 db/sor	15,36%	4730 db	189 db	47 db	12 db
BEAM C1-4 és D1-4	6,64	40 db	1,05	2,06	17,83 db/sor	11,55%	5331 db	213 db	53 db	13 db

5. 1.4. Beam mikro és makro szálak adatainak mintaátlagtól való eltérése (kísérleti adatok: Tóth Mária)

9.6. Átlagok összehasonlítása

NÉV	ÁTLAG (soronkénti)	ÁTLAG (6*soronkénti)	ÁTLAG (teljes keresztmetszet)
DUR 30	18,83 db	112,97 db	94,14 db
DUR 40	17,23 db	103,37 db	86,14 db
DUR 48	21,06 db	126,34 db	105,29 db
DUR 55	16,89 db	101,31 db	84,43 db
DUR 70	17,60 db	105,60 db	88,00 db
DUR 30/40/48/55/70	18,32 db	109,92 db	91,60 db

5. 2. 1. Barchip dombornyomott makro szál keresztmetszeti és soros átlagok összehasonlítása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)

Név	1.sor átlaga	2.sor átlaga	3.sor átlaga	4.sor átlaga	5.sor átlaga	sorok átlagainak átlaga
DUR30	18,00	15,71	18,43	21,00	21	18,83
DUR40	18,57	14,86	14,71	19,29	18,71	17,23
DUR48	26,43	21,71	17,14	19,43	20,57	21,06
DUR55	19,86	16,43	15,43	15,57	17,14	16,89
DUR70	23,43	13,43	16,71	16	18,43	17,60

5. 2. 2. Barchip dombornyomott makro szál sorainak átlagösszehasonlítása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)

NÉV	ÁTLAG (soronkénti)	ÁTLAG (6*soronkénti)	ÁTLAG (teljes keresztmetszet)
Beam C1-4	18,55 db	92,75 db	92,75 db
Beam D1-4	17,10 db	85,50 db	85,50 db
Beam C1-4 és D1-4	17,83 db	89,13 db	89,13 db

5. 2. 3. Műanyag makro és mikro szál keresztmetszeti és soros átlagok összehasonlítása (kísérleti adatok: Tóth Mária)

Név	1.sor átlaga	2.sor átlaga	3.sor átlaga	4.sor átlaga	5.sor átlaga	sorok átlagainak átlaga
Beam C1-4	23,75	18	15,75	18	17,25	18,55
Beam D1-4	19,25	13,75	19,75	15,25	17,5	17,10

5. 2. 4. Műanyag makro és mikro szál sorainak átlagösszehasonlítása (kísérleti adatok: Tóth Mária)

NÉV	ÁTLAG (teljes keresztmetszet)
Armofib C25 - 20kg	29,67 db
Armofib C30 - 20kg	32,00 db
Armofib C35 - 20kg	33,83 db
Armofib C25/C30/C35 - 20kg	31,83 db
Armofib C25 - 25kg	33,67 db
Armofib C30 - 25kg	37,33 db
Armofib C35 - 25kg	43,00 db
Armofib C25/C30/C35 - 25kg	38,00 db
Armofib C25 - 30kg	55,50 db
Armofib C30 - 30kg	49,67 db
Armofib C35 - 30kg	50,33 db
Armofib C25/C30/C35 - 30kg	51,83 db
Armofib C25 - 40kg	73,17 db
Armofib C30 - 40kg	63,17 db
Armofib C35 - 40kg	79,50 db
Armofib C25/C30/C35 - 40kg	71,94 db

5. 2. 5. ARMOFIB szál keresztmetszetének átlagösszehasonlítása (kísérleti adatok: Juhász Károly Péter)

NÉV	ÁTLAG (soronkénti)	ÁTLAG (5*soronkénti)	ÁTLAG (teljes keresztmetszet)
Mix 1-1-5	11,33 db	56,67 db	72,00 db
Mix 1-1-30	14,40 db	72,00 db	86,00 db
Mix 1-1-5/30	12,87 db	64,35 db	79,00 db
Mix 1-2-5	11,20 db	56,00 db	62,33 db
Mix 1-2-30	7,27 db	36,33 db	43,67 db
Mix 1-2-5/30	9,23 db	46,15 db	53,00 db
Mix 2-1-5	90,67 db	453,33 db	564,00 db
Mix 2-1-30	74,93 db	374,67 db	462,67 db
Mix 2-1-5/30	82,80 db	414,00 db	513,33 db
Mix 2-2-5	144,53 db	722,65 db	867,33 db
Mix 2-2-30	110,80 db	554,00 db	646,67 db
Mix 2-2-5/30	127,67 db	638,35 db	757,00 db
Mix 3-1-2	11,53 db	57,67 db	70,67 db
Mix 3-1-5	13,07 db	65,33 db	78,67 db
Mix 3-1-15	8,87 db	44,33 db	53,67 db
Mix 3-1-30	10,27 db	51,33 db	65,67 db
Mix 3-1-2/5/15/30	10,93 db	54,65 db	67,17 db
Mix 3-3-2	14,27 db	71,33 db	87,33 db
Mix 3-3-5	20,33 db	101,67 db	121,00 db
Mix 3-3-15	15,60 db	78,00 db	94,33 db
Mix 3-3-30	18,40 db	92,00 db	119,00 db
Mix 3-3-2/5/15/30	17,15 db	85,75 db	105,42 db
Mix 4-1-2	17,67 db	88,33 db	103,67 db
Mix 4-1-5	22,07 db	110,33 db	145,67 db
Mix 4-1-15	14,80 db	74,00 db	93,33 db
Mix 4-1-30	20,07 db	100,33 db	130,00 db
Mix 4-1-2/5/15/30	18,65 db	93,25 db	118,17 db
Mix 4-3-2	29,73 db	148,67 db	178,67 db
Mix 4-3-5	31,33 db	156,67 db	198,00 db
Mix 4-3-15	22,80 db	114,00 db	138,00 db
Mix 4-3-30	27,80 db	139,00 db	175,00 db
Mix 4-3-2/5/15/30	27,92 db	139,60 db	172,42 db

5. 2. 6. Mix keverékek szál keresztmetszeti és soros átlagok összehasonlítása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)

Név	1.sor átlaga	2.sor átlaga	3.sor átlaga	4.sor átlaga	5.sor átlaga	sorok átlagainak átlaga	átlagok átlaga
Mix 1-2-5	7,67	8,67	14,00	16,00	9,67	6,33	10,39
Mix 1-2-30	9,00	4,67	8,00	8,33	6,33	7,33	7,28
Mix 1-1-5	10,33	8,67	12,00	11,00	14,67	15,33	12,00
Mix 1-1-30	13,33	12,67	13,67	16,00	16,33	14,00	14,33
Mix 2-1-5	103,33	94,67	84,67	93,33	77,33	110,67	94,00
Mix 2-1-30	72,00	76,00	78,67	72,00	76,00	88,00	77,11
Mix 2-2-5	147,33	137,33	129,33	151,33	157,33	144,67	144,56
Mix 2-2-30	133,33	110,00	120,67	97,33	92,67	92,67	107,78
Mix 3-1-2	11,00	12,67	15,00	8,33	10,67	13,00	11,78
Mix 3-1-5	11,67	12,33	14,33	12,33	14,67	13,33	13,11
Mix 3-1-15	9,67	8,00	9,67	10,00	7,00	9,33	8,94
Mix 3-1-30	13,33	10,00	7,00	8,33	12,67	14,33	10,94
Mix 3-3-2	13,67	14,33	16,00	15,67	11,67	16,00	14,56
Mix 3-3-5	18,67	17,67	22,67	21,67	21,00	19,33	20,17
Mix 3-3-15	16,00	13,00	15,00	17,67	16,33	16,33	15,72
Mix 3-3-30	19,67	17,33	13,67	19,00	22,33	27,00	19,83
Mix 4-1-2	23,00	18,00	15,67	17,33	14,33	15,33	17,28
Mix 4-1-5	23,67	20,67	21,67	24,33	20,00	35,33	24,28
Mix 4-1-15	18,67	11,33	14,33	14,00	15,67	19,33	15,56
Mix 4-1-30	22,00	20,00	20,67	15,00	22,67	29,67	21,67
Mix 4-3-2	34,33	23,33	30,67	29,67	30,67	30,00	29,78
Mix 4-3-5	36,33	27,33	28,67	31,67	32,67	41,33	33,00
Mix 4-3-15	19,00	21,33	25,33	23,67	24,67	24,00	23,00
Mix 4-3-30	27,67	22,67	25,00	28,33	35,33	36,00	29,17

5. 2. 7. Mix keverékek szál sorainak átlagösszehasonlítása (kísérleti adatok: Czoboly Olivér)

9.7. Bekevert szálak vizsgálata

TÍPUS	Teljes keresztmetszet átlaga	Juhász Károly – féle modell szerinti keresztmetszeti átlag ($n = 0,5 \cdot l \cdot \frac{N}{V}$)	Mandel – Romualdi – féle modell szerinti keresztmetszeti átlag ($n = 0,405 \cdot l \cdot \frac{N}{V}$)
DUR30	112,97 db	104,90 db	84,96 db
DUR40	103,37 db	104,90 db	84,96 db
DUR48	126,34 db	104,90 db	84,96 db
DUR55	101,31 db	104,89 db	84,96 db
DUR70	105,60 db	104,90 db	84,96 db
Mix 1-1-5	56,67 db	59,71 db	48,37 db
Mix 1-1-30	72,00 db	59,71 db	48,37 db
Mix 1-2-5	56,00 db	35,83 db	29,02 db
Mix 1-2-30	36,33 db	35,83 db	29,02 db
Mix 2-1-5	453,33 db	895,70 db	725,52 db
Mix 2-1-30	374,67 db	895,70 db	725,52 db
Mix 2-2-5	722,65 db	1 492,83 db	1 209,20 db
Mix 2-2-30	554,00 db	1 492,83 db	1 209,20 db
Mix 3-1-2	57,67 db	70,08 db	56,77 db
Mix 3-1-5	65,33 db	70,08 db	56,77 db
Mix 3-1-15	44,33 db	70,08 db	56,77 db
Mix 3-1-30	51,33 db	70,08 db	56,77 db
Mix 3-3-2	71,33 db	116,80 db	94,61 db
Mix 3-3-5	101,67 db	116,80 db	94,61 db
Mix 3-3-15	78,00 db	116,80 db	94,61 db
Mix 3-3-30	92,00 db	116,80 db	94,61 db
Mix 4-1-2	88,33 db	143,31 db	116,08 db
Mix 4-1-5	110,33 db	143,31 db	116,08 db
Mix 4-1-15	74,00 db	143,31 db	116,08 db
Mix 4-1-30	100,33 db	143,31 db	116,08 db
Mix 4-3-2	148,67 db	238,85 db	193,47 db
Mix 4-3-5	156,67 db	238,85 db	193,47 db
Mix 4-3-15	114,00 db	238,85 db	193,47 db
Mix 4-3-30	139,00 db	238,85 db	193,47 db

5. 3. 1a. Bekevert szálak vizsgálata matematikai modellek szerint

TÍPUS	Teljes keresztmetszet átlaga	Juhász Károly – féle modell szerinti keresztmetszeti átlag ($n = 0,5 \cdot l \cdot \frac{N}{V}$)	Mandel – Romualdi – féle modell szerinti keresztmetszeti átlag ($n = 0,405 \cdot l \cdot \frac{N}{V}$)
Armofib C25 - 20kg	29,67 db	29,72 db	24,07 db
Armofib C30 - 20kg	32,00 db	29,72 db	24,07 db
Armofib C35 - 20kg	33,83 db	29,72 db	24,07 db
Armofib C25 - 25kg	33,67 db	37,15 db	30,09 db
Armofib C30 - 25kg	37,33 db	37,15 db	30,09 db
Armofib C35 - 25kg	43,00 db	37,15 db	30,09 db
Armofib C25 - 30kg	55,50 db	44,57 db	36,11 db
Armofib C30 - 30kg	49,67 db	44,57 db	36,11 db
Armofib C35 - 30kg	50,33 db	44,57 db	36,11 db
Armofib C25 - 40kg	73,17 db	59,43 db	48,14 db
Armofib C30 - 40kg	63,17 db	59,43 db	48,14 db
Armofib C35 - 40kg	79,50 db	59,43 db	48,14 db
Beam C1-4	92,75 db	135,54 db	109,79 db
Beam D1-4	85,50 db	135,54 db	109,79 db

5. 3. 1b. Bekevert szálak vizsgálata matematikai modellek szerint