

- Harkin J. M., Rowe J. W. (1971) Bark and its possible uses, Forest Service U. S., Madison
- Lotova (1987) Anatomia kory hvojn, Lesznaja promislennost, Moszkva
- Molnár S. (2004) Faanyagismeret, Szaktudás Kiadó, Budapest
- Molnár S. (2008) Magyarországi erdők fafajcsoport megoszlása, Fahasznosítás Magyarországon, NymE-kiadvány, Sopron
- Molnár S., Peszlen I., Paukó A. (2007) Faanatómia, Szaktudás Kiadó, Budapest
- MTA (2009) Erdőgazdálkodás és fahasznosítás: jelen-jövő, MTA-kiadvány, Budapest
- Nyári E. (2009) Útmutató az elérhető legjobb technika meghatározásához az üvegyártás engedélyeztetése során, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest
- Schopp L. (1976) Fatömegszámítási táblázatok, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Szatmári Z. (2010) Hőhidmentes épületszerkezetek, III. MEPS konferencia, Budapest
- Winkler A. (1978) A fakéreg struktúrájának és megfelelő fizikai-mechanikai tulajdonságú fakéreglapok gyárthatóságának kapcsolata, kandidátusi disszertáció, Sopron

## Az ergonómiai minőség tervezése \*

HORVÁTH Péter György<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nyme FMK Terméktervezési és Gyártástechnológiai Intézet

### Kivonat

Az ergonómiai minőséget több, a tárgyat, berendezést használó személy által értékelt jellemző határozza meg. Ezek mindegyike a termék kialakításának több mérhető és/vagy minősítési jellemzőjétől (tervezési paraméterek), valamint esetleges nem tervezhető jellemzőitől és környezeti, használati tényezőktől (zajtényezők) függ. Ezért az ergonómiai minőség összetevőit olyan függő változóknak tekinthetjük, amelyek mindegyikét a független változók (mennyiségi és kategorikus változók) egy csoportja befolyásol, így vizsgálatukra a faktoros kísérlet módszere alkalmas. A következőkben annak vizsgálatát szeretném bemutatni, hogy az egyes műszaki paraméterek egymással, illetve a vevői igényekkel milyen kapcsolatban vannak. Vizsgálom az egyes műszaki jellemzők hatását, esetleges kölcsönhatását.

**Kulcsszavak:** ergonómia, terméktervezés, minőségirányítás, QFD, tervezett kísérlet

## Design for ergonomic quality

### Abstract

Ergonomic suitability has a number of components each of which is determined by a given set of product properties. Therefore, ergonomic quality can be satisfied by using complex methods of analysis. Such methods could be Quality Function Deployment (QFD). The adaptability of this methodology for ergonomic design of seats is confirmed as a result of our study. It further has been found that the components of ergonomic quality can be treated as dependent variables the level of which is determined by quantitative and categorical product-related independent variables. A model

\*A kutatás a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

This research - as a part of the Development of Student Talent Fostering at WHU, TAMOP 4.2.2. B-10/1-2010-0018 project - was sponsored by the EU/European Social Foundation. The financial support is gratefully acknowledged.

for evaluating and designing ergonomic quality on the basis of the method of design of experiments (DOE) is conceived as a complement to the QFD-based approach and is demonstrated for seats.

**Key words:** ergonomics, product design, quality management, QFD, DOE

## Bevezetés

Gyakran felmerül a kérdés, hogy miként lehet egyszerűen értékelni egy termék ergonómiai helyességét. Milyen módszerek segítségével tudjuk már a tervezőasztalon a lehető legjobban kielégíteni a felhasználó ergonómiai igényeit. Mivel nem vagyunk egyformák, igényeink is eltérők, így nagyon nehéz erre válaszolni. Az irodalom többféle, főleg kérdőíves módszert ajánl, de nagy részük nem eléggé objektív, s az eredmények nehezen reprodukálhatóak. Munkámmal javaslatot szeretnék tenni egy olyan módszerre, mely az ergonómia lehetőségeit a matematikai statisztika eszközeivel egészíti ki.

Egy termék jellemzői mind az elvárások kifejezettsége, mind a jellemzők megvalósulási szintje által kiváltott vevői és társadalmi elégedettség szempontjából különböző kategóriákba sorolhatók. Ez az ergonómiai jellemzőkre is érvényes. A Kano modell szerint a termék jellemzőit három csoportba tudjuk sorolni. Az első csoportba azokat a terméktulajdonságokat sorolhatjuk, melyeket a felhasználó nem fogalmaz meg, mert azokat természetesnek vesz, s magasabb szintű kielégítése sem vált ki nagyobb elégedettséget. Általában a termék használatára vonatkozó biztonságossági tulajdonságokat tudjuk ebbe a kategóriába sorolni. A második kategóriába olyan jellemzőket sorolhatunk, melyek alapvetően nincsenek a termékbe „beleértve”. Meglétük kellemes benyomást gyakorol a használóra. A harmadik csoportba azon tulajdonságokat sorolhatjuk, amelyeket a vevők nem csak elvárnak, hanem minél magasabb fokú kielégülésükön keresztül értékelik a terméket.

Az előbbi csoportosítás alapján láthatjuk, hogy mind a termékjellemzők, mind pedig azok szerepe igen összetett. Mindezek mellett azt is látnunk kell, hogy az egyes termékjellemzők megítélése az időben változik.

## Alkalmazott módszer

### *Igényelemzés*

A vevői igényekre épülő tervezésnek feltétele a vevői igények megismerése és az igényeknek a tervező szakmai, műszaki, ergonómiai nyelvére való lefordítása, újra fogalmazása. A cél a vevő által elvárt jellemzők teljesítése. Az elvárásoknak való pontos megfelelés azért lényeges, mert a gyengébb minőséget a vevő észleli, aminek gazdaságilag hátrányos

következményei várhatóak. A jelentősen jobb tulajdonságoknak viszont legtöbbször olyan többletköltségei vannak, melyek vagy a termék nyereségeségét, vagy az ár vevő általi elfogadhatóságát teszik kérdésessé. A kialakítandó kompromisszumnak összességében a vevő értékrendjét kell tükröznie. A QFD (Quality Function Deployment = minőségi funkciók felsorakoztatása/lebontása) módszere alkalmas arra, hogy a vevőktől a termékről megszerzett információkat, mint bemenő adatokat szolgáltatassa, amelyek a gazdasági és szakmai tervezés során hasznosíthatók (Koczor Z., 2000).

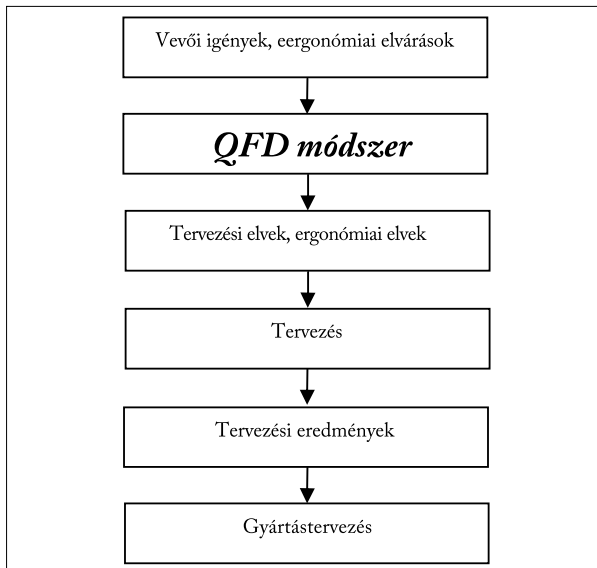
Az alábbi ábrán (1. ábra) a terméktervezés hagyományos módját az ergonómiai elvárásokra szabott QFD módszerrel történt kiegészítés után szemléltethetjük. Az ábrán jól látható, hogy a nevezett módszer a hagyományos tervezési menethez igazodik, a tényleges tervezés és a vevői igények felmérése közé ékelődik.

### *A QFD módszer előnyei:*

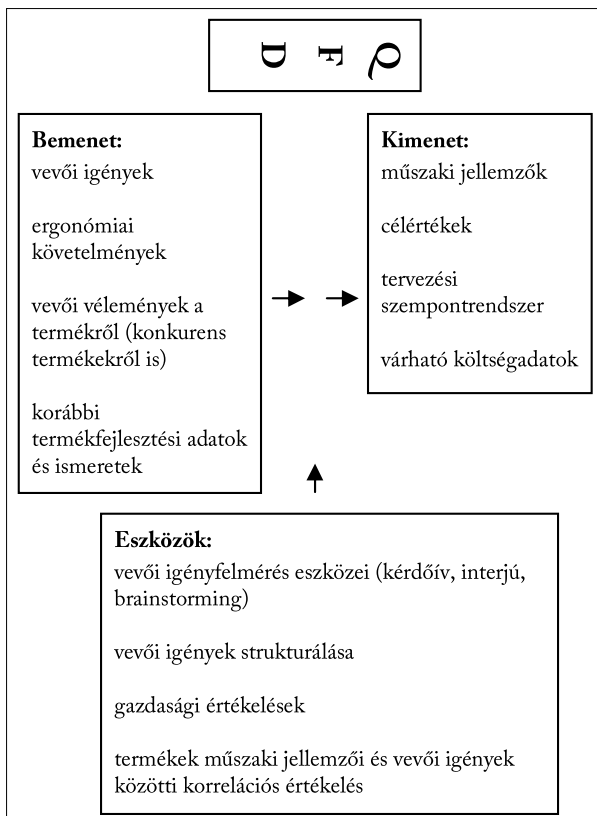
- jó, és használható tervet tudunk készíteni: nem csak a műszaki paramétereket, hanem a vevő ergonómiai igényeit is kellőképpen tudjuk érvényesíteni a tervezés során
- a tervezés előtt már rendelkezésre állnak a konstrukció által teljesítendő követelmények: a vevő és a piac szubjektív elvárásait objektív módon tudjuk szolgáltatni a tervezők számára
- ergonomikus, gazdaságos és költséghatékony gyártást tudunk megvalósítani
- tervezés előtti sokrétű adatgyűjtés javíthatja az ergonómiai minőséget

A keresett összefüggések feltárásához ismernünk kell azokat a kimenő-bemenő információkat a termékkel kapcsolatban, melyek között a relációt keressük. Az alábbi (2. ábra) a QFD kimenő és bemenő információt szemlélteti.

A QFD módszer alkalmazásához elengedhetetlen a vevői igényeknek és piaci elvárásoknak az ismerete, máskülönben a tervezés eredménye kétséges. Ezeket az információkat hagyományos marketingeszközök segítségével szerezhetjük be. Gyűjtésekhez hasonlóan itt is minél szélesebb körben, és a lehető legpontosabban behatárolt felhasználói csoporttól kell adatokat gyűjtenünk. Várhatóan ezek az adatok a műszaki élet számára zavarosak, túlságosan szub-



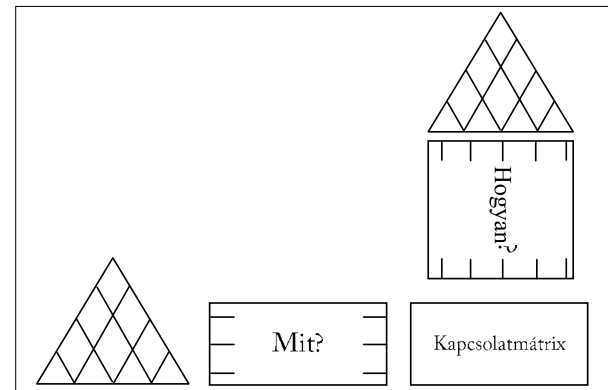
**1. ábra** Tervezés menete QFD módszerrel kiegészítve  
**Figure 1** Design process with integrated QFD method



**2. ábra** A QFD módszer információs irányai  
**Figure 2** Directions of informations at QFD method

jektívek. Ennek megfelelően a begyűjtött adatokat szűrni és rangsorolni kell. Szűrésnél csak a tervezés szempontjából hasznos adatokat engedhetjük tovább. A hasonló és szinonim igényeket is ki kell szűrni, illetve megfelelően kell értelmeznünk. A 3. ábra a QFD módszer felépítését mutatja. Az ábra „Mit?” mezője a vevői igényeket tartalmazza, a felső „Hogyan?” mező pedig a műszaki paramétereket.

A kapcsolatmátrix a vevői igények és a műszaki paraméterek összefüggéseit jelöli. A bal oldali tetőmátrix a vevői igények közti kapcsolat feltüntetésére szolgál. A felső tetőmátrix az egyes műszaki paraméterek közti összefüggéseket jelöli. A középső kapcsolatmátrix elemei a vevői igények és a kielégítésükhöz szükséges műszaki paraméterek kapcsolatának erősségét fejezik ki.



**3. ábra** A QFD (minőség háza) felépítése, az egyes területek funkciói

**Figure 3** The structure of the QFD (House of Quality), the function of each area

A vevői igények összegyűjtése kérdőíves módszerrel történhet. Az oszlopba a legtöbbet szerepelt és strukturált vevői igények kerültek. Az alábbiakban esettanulmányon keresztül mutatom be a módszer ergonómiai tervezésre való adaptálását. A tanulmány általános használati célú székek ergonómiai megfelelőségének tervezésére vonatkozik, saját vevői igényfelmérésre alapozottan (1. táblázat). A felsorolásból kitűnik, hogy a vevői igények – noha legtöbbször logikusak –, azonban csak a legkisebb mértékben irányulnak kézzelfogható műszaki jellemzőkre, paraméterekre. Az igények egyaránt vonatkoznak a tényleges használatra, valamint a bútordarab és annak környezetével való kapcsolatára.

A mátrix másik fontos területe a „Hogyan?” kérdésre válaszoló függőleges oszlopok. Ide a módszernek megfelelően a vevői igények kielégítését célzó műszaki megoldások és műszaki paraméterek kerültek. Ezen felsorolást az alábbi táblázat tartalmazza (2. táblázat). A felhasznált műszaki paraméterek ergonómiai szempontból jellemzik a terméket, jelen esetben a székeket. A paraméterek konkrét értékekkel, illetve tartománnyal jellemezhetőek. Azonban az egyszerűbb kezelés, és a vevőkkel történő kommunikáció miatt némely esetben (pl.: kárpit keménysége) önkényes paramétersort érdemes alkalmazni (pl.: lágy, félkemény). Mivel a mátrix

**1. táblázat** Vevői igények felsorolása

**Table 1** Consumer demands

stabil legyen
teherbíró legyen
kényelmes ülést biztosítson
használatra sérülést ne okozzon
kényelmes tapintás, megfelelő felületi kialakítása legyen
tisztítható felületek
esztétikus legyen
környezetbe illeszkedő legyen
pihentető testhelyzetet biztosítson
tehermentesítse a felsőtestet
tehermentesítse a lábakat
tartós legyen
rakásolható legyen
asztalhoz illeszkedjen

**2. táblázat** Vizsgált műszaki paraméterek felsorolása

**Table 2** The investigated technical parameters

szerkezeti merevség
szerkezeti kötések erőssége
felületek kopásállósága
ülőlapp szélessége
ülőlapp mélysége
ülőlapp magassága
ülőlapp dőlésszöge
támla szélessége
támla magassága
támla dőlésszöge
karfa szélessége
karfa magassága
karfa hossza
támla görbülete
alkatrészek éllekerekítése
kárpit vastagsága
kárpit keménysége
szék tömege
felületi minőség
kárpitos felület légáteresztésének mértéke
kárpit felület hőszigetelő képessége
kárpitos felület páraáteresztésének mértéke
vegyszerállóság mértéke
szín

kiindulási adatai jórészt szubjektívek, így bizonyos határok között a konkrét diszkrét értékeket is lehet így értelmezni.

A mátrix kitöltése előtt az egyes vevői igényeket súlyozni kell. A súlyozást páros összehasonlítással végeztem, konzisztencia-becsléssel ellenőrizve. A páros összehasonlítás eredményeként megkapjuk, hogy az egyes vevői igények teljesülése mennyire fontos a vevők számára. Az eredményt a következő 3. táblázat szemlélteti.

A kapcsolatmátrixban (4. táblázat) azokat a jelöléseket, illetve számokat láthatjuk, melyek azt jelzik, hogy az egyes vevői igények az egyes műszaki jellemzőkkel milyen kapcsolatban vannak. Több lehetséges jelölés közül itt a három fokozatú jelölést láthatjuk. Ha semmilyen kapcsolat nem fedezhető fel az egyes vevői igény, illetve valamely műszaki paraméter között, akkor azon sor adott oszloplemebe nem kerül szám. Az 1-es szám a gyenge, a 3-as a közepes, 9-es szám pedig az erős összefüggést jelenti az igény és a műszaki paraméter között. A kapcsolatmátrixban adott sor súlyszámát az oszloplelemmel összeszorozva, majd oszloponként összeadva megkapjuk, hogy a vevői igények alapján melyek azok a műszaki paraméterek, melyek a legfontosabbak. Jelen felmérés szerint az ülőlapp magassága, az ülőlapp szélessége, valamint az ülőlapp mélysége a legfontosabb a nevezett vevői igények szerint. Továbbá a módszer levezetése alapján az is bizonyított, hogy a műszaki gyakorlattal ellentétben – mint azt az esetek döntő többsége mutatja – nem egy-egy jellemzővel elégítünk ki egy-egy vevői igényt, hanem a műszaki jellemzők együttese, egy csoportja határozza meg és elégíti ki az adott vevői igényeket. A módszer alkalmazása során a kapcsolatmátrix két további mezővel került kiegészítésre. A táblázat tetején található egy tetőmátrix, mely az egyes műszaki jellemzők közti kapcsolatot mutatja. A kapcsolat erősségét a már korábban leírt számhármassal jellemeztem. Mindezek mellett a hagyományos QFD táblázatot a szokásostól eltérően egy további táblázattal egészítettem ki. Ez a mátrix a táblázat bal oldalán található. Itt az egyes vevői igények közötti kapcsolatot lehet feltüntetni. A kapcsolat erősségét szintén a használt számhármassal (1, 3, illetve 9) jelöltem.

Az egyes műszaki paraméterek összetett fontossági mutatójának (vevői igények fontossági súlyszámának és a kapcsolat erősségének szorzatösszege) meghatározása és rangsorolása a célértékek meg-

határozásának kiindulópontja. A QFD eljárás során ehhez a már megvalósult termékek (konkurens termékek, saját továbbfejlesztendő termék) műszaki paramétereinek értékét vesszük összehasonlítási alapként. Az új célértékek ilyen módon való megválasztása, az eljárás többé-kevésbé formalizált jellege mellett is, szakértői becsléseket igényel, ilyen módon kisebb-nagyobb mértékű szubjektivitással

terhelt. Olyan esetekben pedig, amikor megvalósult termék híján az egyes műszaki jellemzőkre összehasonlítási alappal nem rendelkezünk, a módszer követhetősége kétségesé válik.

A felsorolt érvekre való tekintettel munkámban a QFD eljárást a műszaki paraméterek összesített fontossági tényezőjének megállapításáig folytattam. A célértékek meghatározására a szubjektivitás

3. táblázat Páros összehasonlítás

Table 3 Comparison in pairs

	stabil legyen	teherbíró legyen	kényelmes használatot biztosítson	használata sérülést ne okozzon	kényelmes tapintás, megfelelő felületi kialakítása legyen	tisztítható felületek	esztétikus legyen	környezetbe illeszkedő legyen	pihenítő testhelyzetet biztosítson	tehermentesítse a lábakat	tehermentesítse a felsőtestet	tartós legyen	rakásolható legyen	asztalhoz illeszkedjen	al	al*ai	$\frac{a_i+1/n}{2} \gg m=1$	$m=1$	$P_{ai} = (a_i+m/2)/(n-1)$	
1	stabil legyen	x	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	7	40	7,5	1	0,083	
2	teherbíró legyen	1	x	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	9	81	9,5	1	0,106	
3	kényelmes ülést biztosítson	1	1	x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	144	12,5	1	0,139	
4	használata sérülést ne okozzon	0	0	0	x	1	1	1	1	0	0	0	1	1	7	49	7,5	1	0,083	
5	kényelmes tapintás, megfelelő felületi kialakítása legyen	0	0	0	0	x	1	1	1	0	0	0	1	0	4	16	4,5	1	0,05	
6	tisztítható felületek	0	0	0	0	0	x	1	1	0	0	1	0	0	3	9	3,5	1	0,039	
7	esztétikus legyen	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	1	0	1	1	1,5	1	0,017	
8	környezetbe illeszkedő legyen	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	1	1	3	9	3,5	1	0,039
9	pihenítő testhelyzetet biztosítson	1	1	0	1	1	1	1	1	x	0	1	1	1	11	121	11,5	1	0,128	
10	tehermentesítse a lábakat	1	1	1	1	1	1	1	1	1	x	1	1	1	13	169	13,5	1	0,15	
11	tehermentesítse a felsőtestet	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	x	1	1	10	100	10,5	1	0,117	
12	tartós legyen	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	x	1	1	6	36	6,5	1	0,072
13	rakásolható legyen	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	x	0	1	1,5	1	0,017	
14	asztalhoz illeszkedjen	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	x	4	16	4,5	1	0,05
															$\Sigma$	91	801			

4. táblázat Kapcsolatmátrix

Table 4 Connection matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	stabil legyen	0,08	3	3																					
2	teherbíró legyen	0,11	9	9																					
3	kényelmes használatot biztosítson	0,14			1	1	1																		
4	használata sérülést ne okozzon	0,08	9	9		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
5	kényelmes tapintás, megfelelő felületi kialakítása legyen	0,05			1																				
6	tisztítható felületek	0,04			9																				
7	esztétikus legyen	0,02																							9
8	környezetbe illeszkedő legyen	0,04																							9
9	pihenítő testhelyzetet biztosítson	0,13	1			9	9	9	9																9
10	tehermentesítse a lábakat	0,15				9	9	3	3																9
11	tehermentesítse a felsőtestet	0,12				9	9	3	3	3	3	3	3												9
12	tartós legyen	0,07				9	9	3	3																3
13	rakásolható legyen	0,02				1								1	1	1									
14	asztalhoz illeszkedjen	0,05												3											
	összesített fontossági mutató	2,71	2,58	1,04	2,89	2,87	3,41	2,79	1,86	1,7	1,88	2,45	2,8	2,43	1,62	2,13	1,75	1,75	0,24	0,69	1,65	1,65	1,26	0,57	0,54
	fontossági sorrend	5	7	18	2	3	1	4	12	14	11	8	6	9	16	10	13	13	22	19	15	17	20	21	



mérséklésének lehetőségét kínáló kísérlettervezési módszert alkalmaztam, ami teljesen új termék esetén is lehetővé teszi a műszaki paraméterek optimális értékeinek megtervezését.

### A műszaki jellemzők célértékeinek meghatározása

Általánosságban elmondhatjuk, hogy a kísérleteket mindig azért végezzük, hogy eredményeikből valamiféle információt nyerjünk, következtetéseket, megállapításokat vonjunk le. A kísérletek lehetnek aktívák, illetve passzívák. A két lehetőség között a különbség az, hogy ha a kísérleti körülményeket matematikai módszerekkel úgy választjuk meg, hogy a kísérlet információtartalma valamilyen értelemben maximális legyen (az adott információ megszerzéséhez a legkevesebb kísérletet kelljen elvégeznünk), akkor aktív kísérletről beszélünk. Ezzel szemben passzív esetben a kísérletek matematikai-statisztikai értelemben nem tervezettek. Maga a kísérlettervezés azt jelenti, hogy kijelöljük a független változók terének azon pontjait, amelyekben kísérleteket fogunk végezni.

A kísérlettervezés célja szerint két fő irány különböztethető meg: a tudományos/oktató és a fenomenológikus/pragmatikus célú információszerezés. Jelen esetben fenomenológikus célúról beszélhetünk, hiszen oktatási kapcsolatokat nem akarunk meghatározni. Vizsgálataink során a független változóknak az optimális működés tartományát jellemző értékeit keressük. Mindezek mellett a függő változóknak az egyes független változók megváltoztatására való érzékenységet akarjuk megismerni, és becsülni kívánjuk a függő változó értékét a független változók valamilyen beállításánál.

A faktorok befolyásának megismerésére (célparaméterre gyakorolt hatásuk meghatározására) kísérleteket végzünk, melyek során szándékosan változtatjuk az egyes faktorok értékét, és meghatározzuk a célparaméter felvett értékét.

A befolyásoló paraméterek célparaméterre gyakorolt hatását vizsgálhatjuk úgy, hogy egyszerre csak egy paraméter beállítási szintjét változtatjuk, a többi faktor szintjének állandósága mellett. Célszerűbb a többfaktoros kísérleti terv, amikor is egyszerre több befolyásoló paraméter (faktor) szintjét változtatjuk. Ilyenkor az egyes faktorok beállítandó értékeiként a variációs intervallum két szélét vesszük fel (kétszintű faktoros kísérletek) illetve a centrumát is (háromszintű faktoros kísérletek). A kísérlet tervében az egyes faktorok így meghatározott szintjeinek a különböző kombinációit alkal-

mazzuk, ezek lesznek az egyes kísérleti beállítások. Leggyakrabban polinomiális modellt illesztünk az eredményekre. Kétszintű kísérleteknél az egyes faktorok csak első hatványon szerepelhetnek. A matematikai modell általános alakja:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_{12} x_1 x_2 + \dots + \varepsilon \quad [1]$$

amelyben,

$y$  - a célparaméter valamely beállításnál mért értéke,

$\beta_1$  - a faktorok lineáris hatásainak együtthatói,

$\beta_{12}$  stb. - az egyes faktorok közötti kölcsönhatások együtthatói a modellben,

$\varepsilon$  - a kísérleti hiba

A kísérleti hiba tartalmazza az  $y$  mérési hibája mellett a figyelembe nem vett (vizsgálatba be nem vont) többi faktor (köztük a kézben nem tartható faktorok) ingadozásának hatását is.

A valódi  $\beta$  modellegyütthatók mért értékek alapján nyert becsléseit jelöljük  $b$  betűvel és a megfelelő indexszel. Az együtthatók becslése ortogonális elrendezésű kísérlettervből az alábbi általános összefüggéssel lehetséges:

$$b_j = \frac{\sum_i y_i x_{ij}}{\sum_i x_{ij}^2} \quad [2]$$

ahol,

$i$  - az  $i$ -edik beállításra,

$j$  - a  $j$ -edik faktorra utal ( $b_0$  kiszámítása esetén egy fiktív  $x_0$  faktort veszünk fel, melynek értéke az ortogonális kísérlettervben minden beállításnál +1). A modellegyütthatók becslés értékeivel felírt egyenlet a célparaméternek a regressziós modellel becslés értékeit adja meg:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_{12} x_1 x_2 \quad [3]$$

A vizsgálatok során passzív kísérletekkel (változó kialakítású, meglévő ülőbútorok vizsgálata) szimuláltuk az aktív kísérlettervezést. A kísérleti beállításokat az általános használatra szánt székek sokaságából az adott kialakítású egyedek (mintaelemek) kiválasztása, illetve módosítása jelentette. A minták jellemző paramétereit a 5. számú táblázat tartalmazza.

A vizsgált mintákról egy előre összeállított kérdőív segítségével felhasználói véleményeket gyűjtöttem. A módszer levezetését két vevői igényen (kényelmes használat biztosítása, felsőtest tehermentesítése) kívánom bemutatni.

**5. táblázat** Vizsgált mintatestek paraméterei**Table 5** Parameters of the investigated sample specimens

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ülőlapp szélessége	460	370	440	460	390	480	435	390	460	390	410	460	410	375	460
ülőlapp mélysége	450	410	400	460	420	440	410	400	370	360	425	380	405	390	445
ülőlapp magassága	435	440	450	470	440	450	420	460	420	450	435	440	450	440	440
ülőlapp dőlésszöge	2	3	5	3	2	2	4	2	2	2	5	5	2	3	3
támla szélessége	435	330	360	530	420	430	415	390	430	380	410	460	400	395	445
támla magassága	390	390	600	585	375	410	400	375	400	335	380	400	340	380	550
támla dőlésszöge	105	100	100	95	95	95	97	105	100	100	100	95	95	105	95
karfa szélessége	475			470		480									
karfa magassága	170			120		200									
karfa hossza	440			430		400									
támla görbüllete	370	360	660	1765	350	555	455	325	450	470	850	1700	520	575	820
kárpit vastagsága	15		35	40	20	20			15		10	50	30		50
kárpit könnyösége	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1
kárpitos felület megafeszítésének mértéke	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2
kárpitos felület páratartósságának mértéke	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2

A nevezett két vevői igényrel kapcsolatban öt különböző műszaki paraméter befolyását vizsgáltam. Ezek a műszaki jellemzők a vizsgálatban nevesített faktorok (független változók). Mivel egy-egy vevői igény teljesülési szintjét több faktor befolyásolja, így többfaktoros kísérlettervezésről beszélhetünk. Jelen vizsgálat során minden faktornál két faktorszintet határoztam meg. A 6. táblázat mind a faktorok elnevezését, mind pedig azok szintjeit mutatja.

**6. táblázat** Faktorszintekhez tartozó értékek**Figure 6** Value of different factor levels

Faktorok	1. szint	2. szint
ülőlapp szélessége	370-425	426-480
ülőlapp mélysége	360-409	410-460
támla szélessége	330-429	430-530
támla magassága	335-467	468-600
támla dőlésszöge	90-97	98-105

A vizsgálat során a faktorok számához igazodóan L8-as kísérlettervet választottam (T. B. Barker, 1990). Az alábbi táblázat az egyes faktorok beállítási szintjeit mutatja:

**7. táblázat** L8-as kísérletterv beállítási szintjei**Table 7** Setup levels of the L8 test scheme

Kísérleti beállítás sorszama	1	2	3	4	5	6	7
8	1	1	1	2	2	2	2
7	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	1	2	1	1	2
3	2	2	1	1	2	2	1
6	1	2	2	2	2	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2
4	2	1	2	1	2	1	2
1	2	1	2	2	1	2	1

Ez a kísérletterv hét faktor hatásának vizsgálatára alkalmas, azzal a megkötéssel, hogy a 3., 5. és 6. oszlopokat azon faktorok beállítására használjuk, amelyek nem állnak kétfaktoros kölcsönhatásban egyetlen faktorról sem. Öt faktor esetén célszerűen alkalmazott beállítások:

**8. táblázat** Kísérlethez alkalmazott beállítások, ahol  $F_1$  - ülőlapp szélessége,  $F_2$  - támla szélessége,  $F_3$  - támla magassága,  $F_4$  - ülőlapp mélysége,  $F_5$  - támla dőlésszöge

**Table 8** Setup for the test, where  $F_1$  - seat width,  $F_2$  - back with,  $F_3$  - back height,  $F_4$  - seat depth,  $F_5$  - back angle

Kísérleti beállítás sorszama	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$
8	1	1	1	2	2
7	1	1	1	1	1
2	2	2	1	2	2
3	2	2	1	1	1
6	1	2	2	2	1
5	1	2	2	1	2
4	2	1	2	1	2
1	2	1	2	2	1

*Eredmények és értékelésük*

A QFD séma kitöltött és összegzett kapcsolatmátrixát az alábbi módon értékelhetjük. A számolt súlyszámokat a mátrix bal oldalán találhatjuk a preferenciaarány oszlopban. A számokból kiolvashatjuk, hogy melyek azok a sorok (vevői igények), melyeket a vevő a legjobban preferál. Láthatjuk, hogy a megkérdezett felhasználók a kényelmes használatot, valamint az alsó- és felsőtest tehermentesítését tartják a legfontosabbaknak a székekkel kapcsolatban. A vevők ezen felmérés szerint a székek rakásolhatóságát, valamint esztétikáját tartják ergonómiai szempontból a legkevésbé fontosnak (lásd a 4. táblázat). A kísérlettervezési módszer eredményeit először a kényel-

mes használatra vonatkozó kísérleten mutatjuk be. A 9. táblázat „Paraméter nagysága” oszlopa a megfigyelések eredményére illesztett lineáris regresszió modell paramétereit (konstans, illetve együttthatók) tartalmazza, mely utóbbiak itt az egyes független változók alapszintről (0 kódolt érték) az 1. szintre (-1-szeres kódolt érték) történő változtatásának hatását jelentik. A táblázatból kiolvasható értékek alapján a kényelmes használatra vonatkozó regressziós összefüggés a következő:

$$y = 3,9296 + 0,2734 \cdot x_1 - 0,1328 \cdot x_2 + 0,2266 \cdot x_3 + 0,0116 \cdot x_4 + 0,0703 \cdot x_5 \quad [4]$$

ahol

$x_1 \dots x_5$  - adott faktor beállításainak kódolt értéke  
 $y$  - vevői igénypontra (kényelmes használat) kapott osztályzat

A táblázatból továbbá az is kiolvasható hogy a 4-es és 5-ös faktor hatása elhanyagolható (5%-osnál csak lényegesen magasabb szinten szignifikáns). Az 1-es és 3-as faktor hatása döntően befolyásolja a vizsgált tulajdonságot, a 2-es faktor hatását nem célszerű figyelmen kívül hagyni. A következőkben a már bemutatott módon egy másik vevői igény (felsőtest tehermentesítése) elemzését láthatjuk.

A 10. táblázat „Paraméter nagysága” oszlopa a megfigyelések eredményére illesztett lineáris regresszió modell paramétereit (konstans, illetve együttthatók)

**9. táblázat** A „kényelmes használat”-ra vonatkozó kísérletből meghatározott modell paramétereit. VAR1...5 – faktor, független változó: VAR1 - ülőlap szélessége, VAR2 - támla szélessége, VAR3 - támla magassága, VAR4 - ülőlap mélysége, VAR5 - támla dőlésszöge, paraméter nagysága - függő változó (ez esetben a „kényelmes használat”, mint vevői igény)

**Table 9** Modell parameters based on the test for „comfortable use”. VAR 1...5 - factor, independent variable: VAR1 - seat width, VAR2 - back with, VAR3 - back height, VAR4 - seat depth, VAR5 - back angle parameter value – dependent variable (in this case the „comfortable use” as consumer demand)

Paraméter-becslések					
Hatás	Hatás szintje	Paraméter nagysága	Paraméter standard hibája	t-próba statisztika	Valószínűség
Modell konstans		<b>3,9296</b>	0,0999	39,3054	0,0000
VAR1	1	<b>-0,2734</b>	0,0999	-2,7349	0,0110
VAR2	1	<b>0,1328</b>	0,0999	1,3284	0,1955
VAR3	1	<b>-0,2266</b>	0,0999	-2,2661	0,0320
VAR4	1	<b>-0,1016</b>	0,0999	-1,0158	0,3190
VAR5	1	<b>-0,0703</b>	0,0999	-0,7033	0,44881

tartalmazza. A táblázatból kiolvasható értékek alapján a „felsőtest tehermentesítésére” vonatkozó regressziós összefüggés a következő:

$$y = 3,5313 + 0,2813 \cdot x_1 + 0,1875 \cdot x_2 + 0,3125 \cdot x_3 + 0,0938 \cdot x_4 + 0,1875 \cdot x_5 \quad [5]$$

ahol

$x_1 \dots x_5$  - adott faktor beállításainak kódolt értéke  
 $y$  - vevői igénypontra (kényelmes használat) kapott osztályzat

**10. táblázat** A „felsőtest tehermentesítése”-re vonatkozó kísérlet paramétereit. VAR1...5 – faktor, független változó: VAR1 - ülőlap szélessége, VAR2 - támla szélessége, VAR3 - támla magassága, VAR4 - ülőlap mélysége, VAR5 - támla dőlésszöge, paraméter nagysága - függő változó (ez esetben a „felsőtest tehermentesítése”, mint vevői igény)

**Táblázat 10** Parameters of the test for „bust load release”. VAR 1...5 - factor, independent variable: VAR1 - seat width, VAR2 - back with, VAR3 - back height, VAR4 - seat depth, VAR5 - back angle parameter value – dependent variable (in this case the „bust load release” as consumer demand)

Paraméter-becslések					
Hatás	Hatás szintje	Paraméter nagysága	Paraméter standard hibája	t-próba statisztika	Valószínűség
Modell konstans		<b>3,5313</b>	0,0997	35,395	0,0000
VAR1	1	<b>-0,2813</b>	0,0997	-2,8190	0,0090
VAR2	1	<b>-0,1875</b>	0,0997	-1,8793	0,0714
VAR3	1	<b>-0,3125</b>	0,0997	-3,1323	0,0042
VAR4	1	<b>-0,0938</b>	0,0997	-0,9396	0,3560
VAR5	1	<b>-0,1875</b>	0,0997	-1,8793	0,0714

### Összegzés és megállapítások

Az illusztrációs céllal bemutatott kísérletsorral azt kívántam igazolni, hogy a faktoros kísérlet módszerére alapotlan – folyamatosan és tervszerűen gyűjtött kísérleti adatok felhasználásával – az ergonómiai megfelelésre való tervezés működőképes modellje építhető fel.

A modell felépítése:

- Az ergonómiai megfelelés használati, értékelési tényezőinek az azonosítása.
- Az értékelési tényezőket befolyásoló termékjellemzők (szerkezeti, méreتي, anyagi, termékműködtetési, stb.) számbavétele.
- Az egyes termékjellemzők értéktartományainak felmérése. Szintek meghatározása a kétszintű, ill. háromszintű kísérletekhez.
- Racionális méretű kísérlettervek felállításának a befolyásoló tényezők hatásának vizsgálatához.



A kísérletterv kísérleti beállításainak megvalósítása:

- Célrányosan készített termékkel/modellel
- Célrányosan megkeresett meglévő termékkel
- Célrányosan módosított meglévő termékkel
- A kísérleti beállítások értékelése, az ergonómiai tényezők teljesülési szintjének megítélése használati próbával
- A kísérletterv kiértékelése
- Jelentős hatású tervezési jellemzők meghatározása
- Jelentős kölcsönhatások azonosítása
- Matematikai (regressziós) modell meghatározása
- A jelentős hatású termékjellemzőkkel esetleges háromszintű kísérletek elvégzése, kiértékelése.
- Az eredmények gyakorlati implementálása: adott ergonómiai tényezők kívánt szintjét eredményező termékjellemzők megválasztása a regressziós modell segítségével.

Az előzőekben a QFD és a kísérlettervezés új lehetőségeit mutattuk be. A módszer kiegészítés lehet más, hagyományos módszerek mellett. Véleményünk szerint a kísérlettervezéses módszerben további lehetőségek rejlenek, melyek kihasználása nagyobb adatbázis megteremtésével lehetséges.

#### Irodalomjegyzék

Barker T. B. (1990) Engineering Quality by Design, Marcel Dekker, Inc., ASQC Quality Press  
Dénes L. (2006) Új furnérialapú termék kifejlesztése kísérlettervezéssel, doktori értekezés, NymE FMK TGYI

Hayes B.E. (1991) Measuring Customer Satisfaction, Development and Use of Questionnaires, ASQC Quality Press  
Horváth P. Gy. (2010) Épített és bútorozott környezet ergonómiájának elemzése, ergonómia gyakorlati alkalmazása, doktori értekezés, NymE FMK TGYI  
Iványi A. Sz. (1980) A gyártmányok versenyképességének fokozása értékelemzéssel, KIK  
Kemény S. (1998) Statisztikai minőség- (megfelelőség) szabályozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest  
Kemény S., Deák A. (2000) Kísérletek tervezése és értékelése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest  
Kindler J., Papp O. (1972) Komplex rendszerek vizsgálata, Műszaki Könyvkiadó, Budapest  
Koczor Z. (2000) Bevezetés a minőségügybe, Műszaki Könyvkiadó, Budapest  
Kovács Zs. (2008) Minőségtervezés, elektronikus jegyzet, tgyi.fmk.nyme.hu  
Kovács Zs. (2009) Kísérlettervezés, elektronikus jegyzet, tgyi.fmk.nyme.hu  
Roozenburg N. F. M., Eekels J. (1995) Product Design, John Wiley & Sons  
Taguchi G. (2000) Robust Engineering, McGraw-Hill

## Papírhulladék hasznosítása lapalapú biokompozit előállítására II.\*

TAKÁTS Péter<sup>1</sup>, VARGA Norbert<sup>2</sup>, TAKÁTS Alexandra<sup>3</sup>

<sup>1</sup> NymE FMK Fa-és Papíripari Technológiák Intézet

<sup>2</sup> Okleveles faipari mérnök

<sup>3</sup> NymE FMK Informatikai és Gazdasági Intézet

#### Kivonat

A kutatómunka során a nagy mennyiségben keletkező és papíripari célra is nehezen újrahasznosítható színes reklámújság lignocellulóz alapú kompozitban történő hasznosítására sikerült megoldást találnunk. A cél egy olyan biokompozit termék előállítása volt, melynek gyártása során külön, a kompozit mátrix részét biztosító kötőanyag nem kerül felhasználásra. Az így elkészített ökotermék a közepes sűrűségű farostlemezhez (MDF) hasonló fizikai-mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik.