

A Sylvie 3D body scanner beállítási paramétereinek vizsgálata  
Al-Gaadi Bidour, Halász Marianna, Szabó Lajos

Accepted for publication in **MAGYAR TEXTILTECHNIKA: TEXTILIPAR  
RUHAIPAR TEXTILTISZTÍTÁS (2006-2008)**

Published in 2008

DOI:

# **A Sylvie 3D Body Scanner beállítási paramétereinek vizsgálata**

**Al-Gaadi Bidour** M.Sc. hallgató

**Szabó Lajos** PhD hallgató

**Halász Marianna** Docens, PhD

BME, Polimertechnika Tanszék

Sylvie 3D Dress Design System has been developed in cooperation of the Department of Polymer Engineering and Department of Mechatronics, Optics and Engineering Informatics at BUTE. One of the main parts of this system is the Sylvie 3D Body Scanner, a line laser 3D surface reading device. This equipment functioning upon optic principle is capable of investigating the dimensions of the human body. This paper shows the device, and analyzes, how the position of the camera influence the data recording and determines the optimal position of the camera according to the body to be scanned.

## **1. Bevezetés**

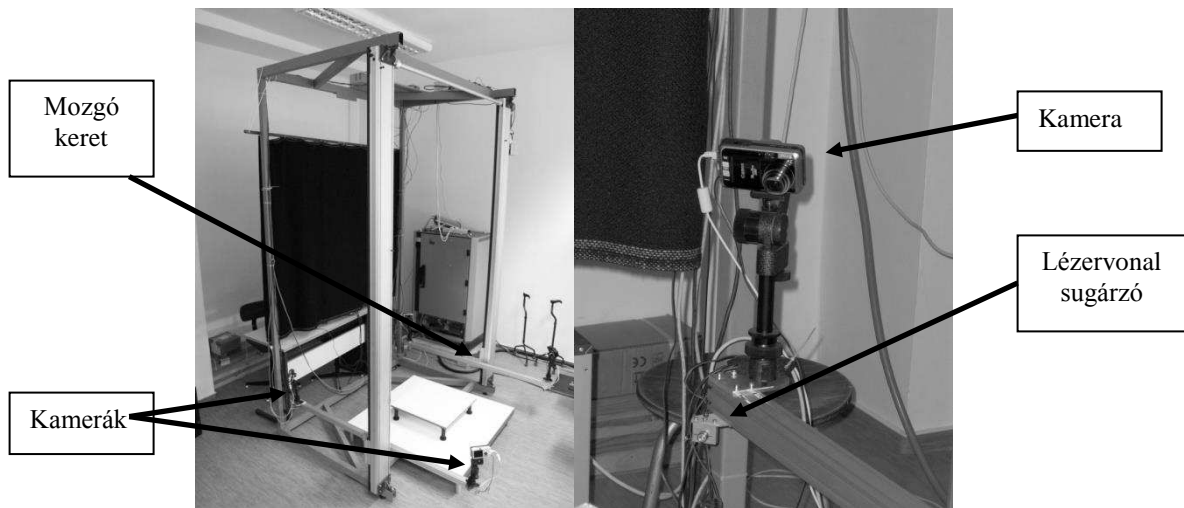
A testszkennereket elsősorban a ruházkészítésben használják, de alkalmazzák Ergonómiai és számítógépi animációhoz szükséges adatok meghatározására is. Feladatuk az emberi test felületének mérethelyes beolvasása, mely adatok feldolgozásával meghatározhatók a vizsgált személy testméretei és elkészíthető a számítógépes virtuális testmodell. A testszkennerek tehát egyrészt kiváló eszköz a méretkutatásokhoz, másrészt lehetőséget teremt arra, hogy számítógéppel 3D-ben lehessen testre szabott ruhát tervezni és annak szabásmintáit elkészíteni.

A BME Polimertechnika Tanszék és a BME Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék munkatársai évek óta foglalkozunk ruhaipari tervező rendszerek fejlesztésével. 3D-s ruhaipari tervező rendszerünk – a Sylvie 3D Dress Design System [8] – egyik fontos eleme az optikai elven működő 3D-s felületbeolvasó berendezés, a Sylvie 3D Body Scanner [1]. Elkészítettük a berendezés azonos elven működő, kisebb méretű változatát is kelmék redőződésének vizsgálatára [3, 5]. Az optikai rendszer előnye a hagyományos mérőeszközökkel szemben a pontosság, az objektivitás és a gyorsaság mellett, hogy érintésmentes, ennek eredményeként a mérendő személyt nem terheli sem az alakot befolyásoló mérőnyomás, sem más kellemetlen mechanikai hatás.

A berendezés adatbeviteli eszköze egy digitális kamera, amely a képek formájában rögzített adatokat a feldolgozást végző számítógépnek továbbítja. A kamera által rögzített képek tulajdonságai azonban jelentős mértékben függhetnek a szkennelt testfelület és a kamera viszonylagos helyzetétől. Korábbi, 2006-ban megjelent, „Sylvie 3D Body Scanner képfeldolgozó eljárásának fejlesztése” című cikkünkben [4] a fényképek feldolgozására kidolgozott eljárást mutattuk be. Jelen munkánkban azt elemezzük, hogy a kamera elhelyezkedése hogyan befolyásolja az adatrögzítést és meghatározzuk a kamerának a szkennelendő testhez viszonyított legkedvezőbb elhelyezését.

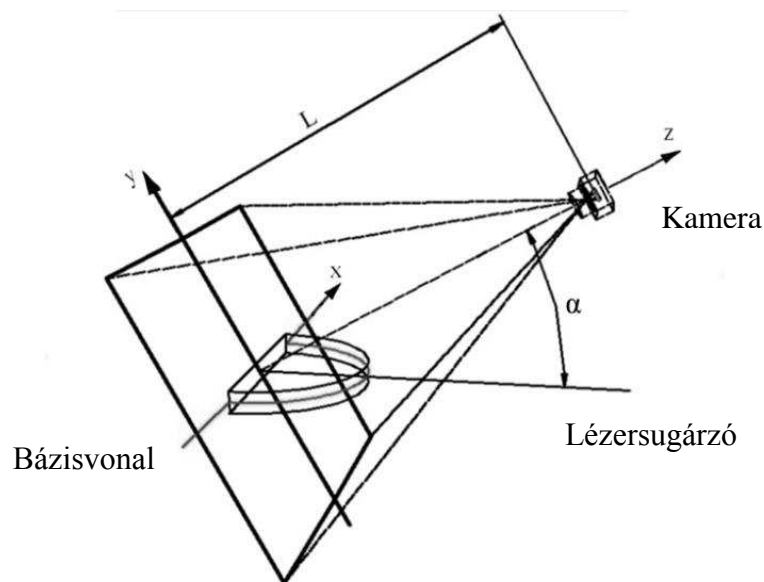
## 2. Felépítés és mérési elv

A mérőberendezés három fő részből áll (1. ábra). Az első a berendezés mechanikai szerkezete, amely az optikai egység megvezetését biztosító állványból és a mozgására szolgáló meghajtó berendezésből áll. A második fő rész az optikai egység, amely magába foglalja a mozgó keretet, valamint 4 lézervonal-sugárzót és 4 kamerát [6]. Ezek egymáshoz képest rögzített távolságban és meghatározott szögben állnak, és a mérés folyamán függőleges irányban együtt mozognak fel és le. A harmadik fő rész a számítógépes vezérlő, adatgyűjtő és kiértékelő rendszer.



1. ábra. A Sylvie 3D Body Scanner

A mérés elvét 1 kamera és 1 lézervonal-sugárzó esetén a 2. ábra szemlélteti [2].



2. ábra. A mérési elv, a geometriai paraméterek és a félkör-etalon

A szkennelési folyamat alatt a lézervonal-sugárzó vízszintes síkban vörös fényvonalat vetít a bázisvonal (x tengely) előtt elhelyezkedő vizsgált felületre, miközben a kamera a

lézervonal-sugárzónál magasabb helyzetből fényképet készít a megvilágított részről. A fényvonal a kamera pozíciójából nézve a felület síkmetszetének a geometriai elrendezés függvényében torzult képét adja. A bázisvonal, a kamera, a vonalsugárzó és a vizsgált felület egymáshoz viszonyított pozícióját ismerve a fénykép alapján meghatározhatók a felület lézervonal által kijelölt síkmetszetének térbeli geometriai adatai. Azáltal, hogy az optikai egység magasság irányban kis lépésközzel végigpásztázza a testet, megtörténik az egész felület 3D-s koordinátáinak beolvasása.

### 3. Az optikai egység paramétereinek vizsgálata [7]

Vizsgálataink során az optikai egység optimális geometriai paramétereit kerestük.

Az optikai egység geometriai paramétereit (2. ábra):

- a kamera objektívje tengelyének (z tengely) a lézervonal-sugárzó által kijelölt vízszintes síkkal bezárt szöge, a továbbiakban *kameraszög*, jele  $\alpha$ ,
- a kamera távolsága az x tengelytől, továbbiakban *kameratávolság*, jele L.

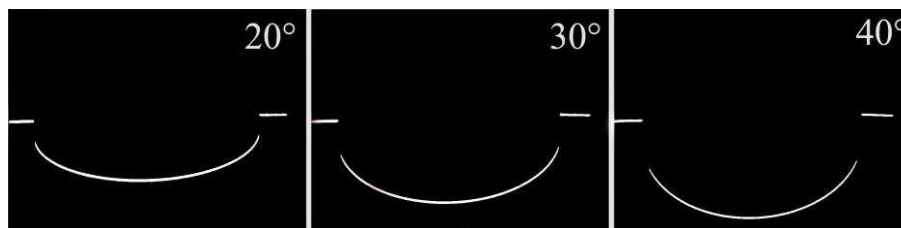
Az  $\alpha$  és az L paraméterek értéke viszonylag tág határok között változtatható. Mérésünk célja e paraméterek azon optimális értékének megkeresése, amelyek mellett a berendezés a legpontosabb és a legtöbb mérési eredményt szolgáltatja.

A vizsgálatokhoz egy kísérleti mérőkeretet építettünk, amelynek segítségével a kameratávolság 600 és 1800 mm között 200 mm-enként, a kameraszög  $0^\circ$ -tól  $90^\circ$ -ig  $5^\circ$ -onként változtatható.

Kísérleteink során egy erre a célra készített, 250 mm sugarú és 50 mm magas, félkör alakú etalon hasáb (2. ábra) segítségével végeztünk méréseket

#### 3.1 Optimális kameraszög

A kameraszög vizsgálata során a kamerát a bázisvonaltól 1000 mm távolságra helyeztük el, és a keret segítségével a kameraszöget  $0-90^\circ$  között  $5^\circ$ -os lépésközzel változtattuk. Minden beállítás mellett képeket készítettünk a bázisvonalat érintően elhelyezett, lézervonal megvilágított félkör-etalonról. A kapott képek közül néhányat a 3. ábra szemléltet.

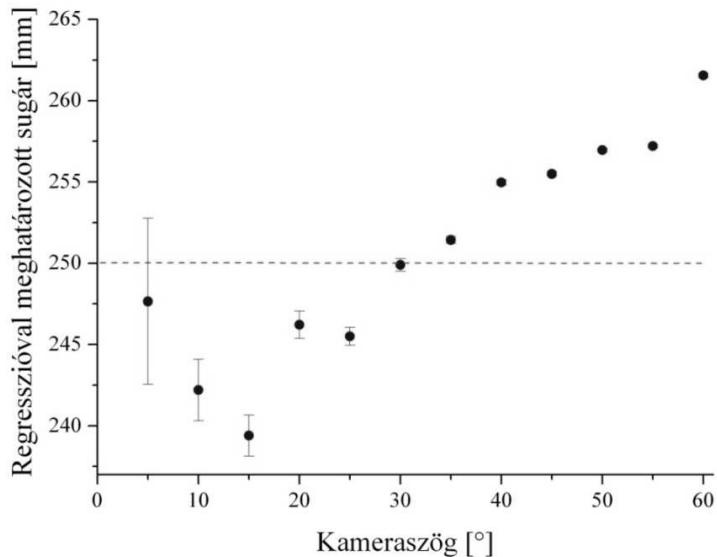


3. ábra. A félkör-etalonról különböző kameraszögek mellett készült képek

A félkör-etalon képe a perspektíva miatt a kameraszögtől függő mértékben torzul és ellipszis alakú lesz.

Csak az  $5^\circ-60^\circ$ -os kameraszög mellett készített képek voltak kiértékelhetőek, mert a nagyobb szögeknél a lézervonal már egyáltalán nem látszik a képeken,  $0^\circ$ -nál pedig a félkör képe egy egyenes.

A képeket a korábbi cikkünkben [4] ismertetett képfeldolgozó eljárással feldolgoztuk, a kapott adatokat a GÉPÉSZET' 2008 konferencián [9] bemutatott analitikus geometriai módszerrel transzformáltuk és a regressziós méret- és alakhűség-elemző módszerrel megvizsgáltuk. Az eredményeket a 4. ábra szemlélteti.



**4. ábra** Regresszióval meghatározott sugár és szórás a kameraszög függvényében

A diagramon jól látszik, hogy a regresszióval meghatározott, a mérési pontokat legjobban közelítő kör sugara 30°-os kameraszög esetén esik legközelebb a félkör-etalon névleges sugarához. A mérési pontoknak a regresszióval meghatározott kör sugarához képest számított szórása a kameraszög növelésével csökken. A szórás 30°-nál nem haladja meg a készülék  $\pm 0,5$  mm elvi mérési hibáját. A mérési eredmények alapján tehát megállapítható, hogy a követelményeknek legjobban megfelelő mérési eredmények 30°-os kameraszögnél adódnak.

A fenti eredményt az alábbi megfontolások is megerősítik. A kameraszög nemcsak a mérés pontosságára van hatással, hanem vertikálisan görbült felület esetén befolyásolja a lézervonal láthatóságát is. Ha a felületet egy függőlegesen elhelyezett félkörrel modellezzük, akkor a félkörnek a kameraszöggel megegyező középponti szöghöz tartozó alsó részét a kamera már nem látja. Ezt a takart részt nevezzük vertikális takarásnak. A vertikális takarás a kameraszög növelésével növekszik.

A kameraszög függvényében változó tulajdonságok számszerűsítésére két további jellemzőt vezettünk be (3. ábra). Az egyik jellemző az *alaktorzulás*. Ha  $\alpha$  kicsi, akkor az ellipszis lapos, és emiatt kis beolvasási pontatlanság is nagy hibát okozhat. Ha  $\alpha$  nagy, az ellipszis közelebb van a félkör alakhoz, így pontosabb lesz az eredmény is. Az alaktorzulást a fél ellipszis ( $K_{fe}$ ) és a félkör ( $K_{fk}$ ) kerületének arányával fejezzük ki (1):

$$\varepsilon_{torz} = \frac{K_{fe}}{K_{fk}} * 100 \quad [\%] \quad (1)$$

A másik jellemző *a kapott adatmennyiség*. A kameraszög növelésével a látható lézervonal hossza és intenzitása is csökken, azaz kisebb kameraszög alkalmazása lenne

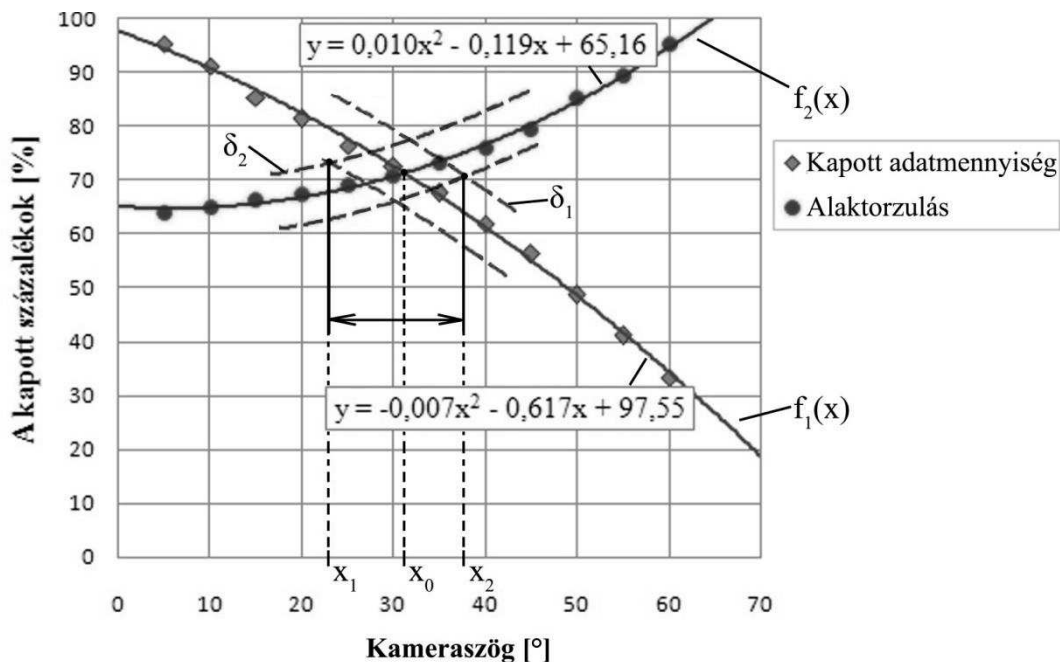
előnyösebb. A kapott adatmennyiséget a látható görbehossz ( $L_g$ ) és a fél ellipszis kerülete hányadosaként (2) fejezzük ki:

$$\varepsilon_{adat} = \frac{L_g}{K_{f\varepsilon}} * 100 \quad [\%] \quad (2)$$

A két jellemző a kameraszög függvényében közös diagramban ábrázolható (5. ábra).

A két pontsorra fektetett trendvonalak  $30^\circ$ -nál metszik egymást, ez tekinthető a legkedvezőbb kameraszögnek e két szempont alapján is.

Összefoglalva tehát a  $30^\circ$  kameraszög az, amely mellett a mérési hiba és a vertikális vetítési takarás minimális, miközben a mérésből még megfelelő mennyiségű értékelhető adat nyerhető.



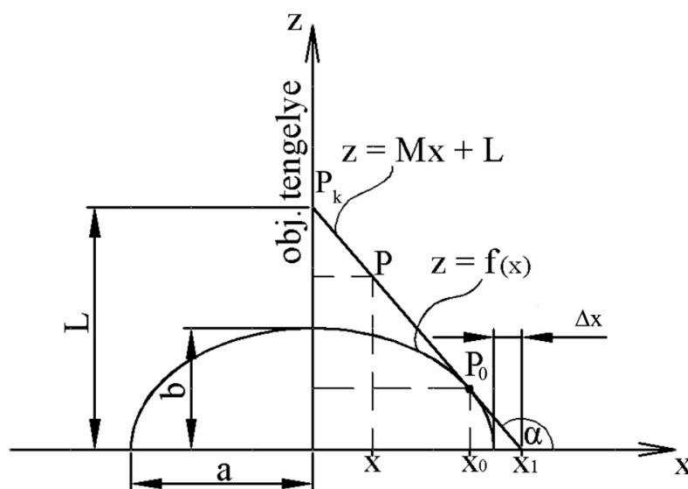
5. ábra. A kapott adatmennyiség ( $f_1(x)$ ) és az alaktorzulás ( $f_2(x)$ )

### 3.2 Optimális kameratávolság

Először elméletben elemeztük a kamera távolságából adódó hatást, majd mérésekkel ellenőriztük a kapott eredményeket. Mivel a mérésekhez a félkör-etalont használtuk, a számításoknál is ennek az alakját és méreteit vettük figyelembe.

A 2. ábra szerinti elrendezésben a félkör-etalont a kamera  $\alpha = 30^\circ$ -os szögben felülről nézi, ezért olyan, mintha a félkör-etalonnak a x-z síkra vett merőleges vetületét, egy ellipszis alakot nézne (6. ábra).

Az ábrán jelölt  $\Delta x$  az L kameratávolság függvényében változik. E függvény felírásához szükséges az ellipszis, valamint az ellipszist érintő – a  $P_0$  érintési ponton és a kamera helyét jelölő  $P_k$  ponton átmenő – egyenes egyenlete. Az ábrán  $a$  az ellipszis fél nagytengelye,  $b$  pedig a fél kistengelye.



6. ábra. A kameratávolság vizsgálatának modellje

A  $P_0$  érintési pont  $x_0$  koordinátájának meghatározásával megkapjuk az ellipszis elméletileg látható, szélső pontját. A  $P_0$  pont azonban a perspektíva miatt a képen ugyanazon az  $x$  koordinátán fog látszani, mint ahol az  $x$  tengelyen az  $x_1$  koordinátájú pont van.

Az  $x_1$  koordináta definiálja tehát az ellipszis képén elméletileg mérhető legnagyobb szélességet, amelyet *vetített szélességnek* ( $l_v$ ) nevezünk. Ezzel definiálható a  $\Delta x = x_1 - a$  különbség. Minél közelebb van a kamera a tárgyhoz, annál nagyobb és minél távolabb van, annál kisebb ez a különbség.

$\Delta x$ -t az ellipszis fél nagytengelyéhez viszonyítjuk és %-ban fejezzük ki. Az így kapott tényezőt  $\varepsilon_{vt}$ -vel jelöljük és *elméleti vetítési takarásnak* nevezük (3).

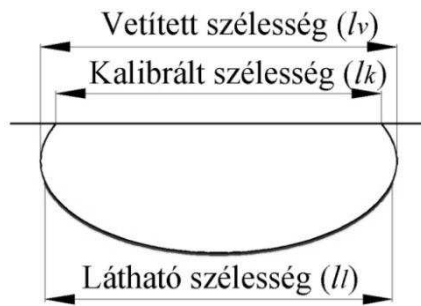
$$\varepsilon_{vt} = \frac{\Delta x}{a} * 100 = \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{b^2}{L^2}}} - 1 \right) * 100 \quad (3)$$

Az  $L$  távolság változásának hatását az ellipszis fél kistengelyének mérete ( $b$ ) és 2000 mm között vizsgáltuk. A 2000 mm feletti távolság konstrukciós szempontból elvethető. Az ellipszis kistengelyének mérete a (4) összefüggéssel számítható, míg az ellipszis nagytengelyének mérete megegyezik a félkör-etalon sugarával.

$$b = 250 * \cos 30^\circ = 216,5 \text{ mm} \quad (4)$$

Az elméleti vetítési takarás függvényét a 8. ábra szemlélteti.

A vetítési takarást kísérletekkel is meghatároztuk.  $30^\circ$  kameraszög mellett a mérést 600 mm és 1800 mm kameratávolság között 200 mm-es lépésekkel végeztük el. Minden vizsgált távolságban a félkör-etalonról készített kép mellett egy 500 mm széles lapot is lefényképeztünk. Ennek segítségével határoztuk meg a félkör-etalon átmérőjét, ami a félkör-etalonról készített képeken nem látható. Ezt a méretet *kalibrált szélességnek* ( $l_k$ ) nevezük (7. ábra).

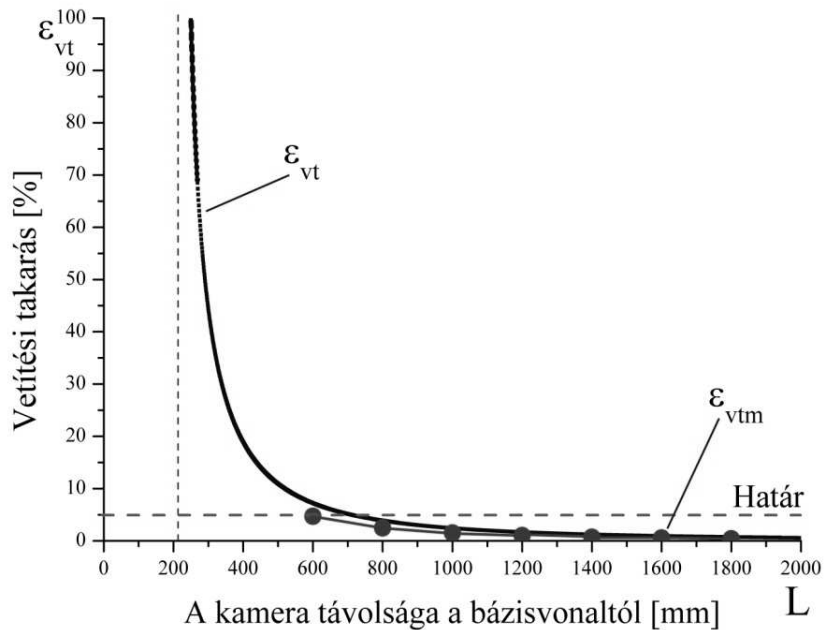


7. ábra. A látható, a vetített és a kalibrált szélesség értelmezése

A 7. ábra a félkör-etalon perspektivikus képén a *kalibrált szélesség* ( $l_k$ ) mellett a *vetített szélesség* ( $l_v$ ) és a *látható szélesség* ( $l_l$ ) értelmezését mutatja. A mérés során készített képeken ugyanis a látható lézervonal szélessége – mint ahogyan azt a kameraszög hatásának vizsgálatokor tapasztaltuk – kisebb, mint az a vetített szélesség, amit elvileg látnunk kellene. A mérés során készített képekről csak ezt a *látható szélességet* tudjuk meghatározni.

A mérés alapján a vetítési takarás ( $\varepsilon_{vtm}$ ) az (5) összefüggéssel határozható meg.

$$\varepsilon_{vtm} = \frac{l_l - l_k}{l_k} * 100 \quad [\%] \quad (5)$$



8. ábra Az elméleti és a méréssel kapott vetítési takarás

A 8. ábra az elméleti vetítési takarás függvény mellett a mért adatokból meghatározott értékeket is mutatja. A mért pontok által meghatározott görbe jellege megfelel az elméleti görbének. Kb. 700 mm-től az elméleti vetítési takarás már nem haladja meg az 5 %-ot. A számított és a mért értékek közötti eltérés oka elsődlegesen nem mérési hiba, hanem a kameraszög függvényében kimért adatmennyiség csökkenés.

A 600 mm és 1800 mm közötti kameratávolság-tartományt figyelembe véve a mérésből és a számításból származó pontok közötti átlagos négyzetes eltérés  $\delta_1=1,12\%$ , ami az elméleti és a mérési eredmények jó korrelációját mutatja.



Az eredmények alapján megállapítható, hogy a felület-beolvasásnál alkalmazott kameratávolságot 1000 mm-nél nagyobbra nem érdemes beállítani, mert míg a szerkezet mérete jelentősen nő, addig a pontosság már csak minimálisan javul.

#### **4. Összefoglalás**

Vizsgálataink bizonyítják, hogy a lézervonalas optikai testszkennereknél a kameraszög és a kameratávolság jelentősen befolyásolja az adatrögzítés pontosságát. Eredményeink szerint az adatrögzítés szempontjából legmegfelelőbb geometriai beállítás a 30° kameraszög és az 1000 mm kameratávolság.

#### **Köszönetnyilvánítás**

A kutatást a Tét SLO-8/05, TR-01/2006 és az OTKA K68438 projektek támogatták.

#### **Irodalom**

1. L. Szabó - M. Halász: Line-laser 3D Surface Scanning Machine Planning for the Apparel Industry, GÉPÉSZET '2004, 4<sup>th</sup> conference, BUTE, May 27-28. 2004., Budapest, P 490-494
2. L. Szabó; M. Halász: Automatic determination of body surface data, AUTEX 2005, 5<sup>th</sup> Conference, Portorož, 27-29 June 2005, P 715-720
3. J. Kuzmina; P. Tamás; M. Halász, Gy. Gróf: Image-based cloth capture and cloth simulation used for estimation cloth draping parameters, AUTEX 2005, 5<sup>th</sup> Conference, Portorož, 27-29 June 2005, P 904-909
4. L. Szabó; M. Halász: Sylvie<sup>®</sup> 3D Body Scanner képfeldolgozó eljárásának fejlesztése, Magyar Textiltechnika, 2006/4, P 100-103
5. P. Tamás; J. Geršak; M. Halász: Sylvie<sup>®</sup> 3D Drape Tester – New System for Measuring Fabric Drape, TEKSTIL, Zagreb, 2006/10, P 497-502,
6. P. Tamás, M. Halász, J. Somló: 3D Measuring of the Human Body by Robots, IMCEP 2007, 5<sup>th</sup> Conference, Uni of Maribor, 2007. Oktober 10-12., Moravske Toplice, P 109-115
7. Szabó L.: Képközpontú alapozott ruhaipari mérés technikák, BME Phd értekezés, Budapest, 2008.
8. Tamás P.: Térbeli ruhatervezés, PhD értekezés, Budapest, 2008.
9. Al-Gaadi B., Halász M., Szabó L.: Comparison of calibration processes of a surface determining measurement system, GÉPÉSZET' 2008, 6<sup>th</sup> conference, BUTE, May 29-30. 2008., Budapest, P 12, CD kiadvány