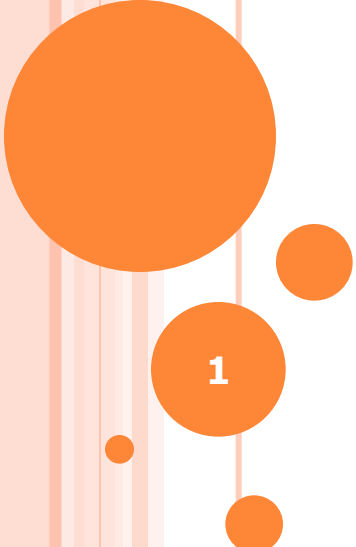




MÉRÉSTECHNIKA

Előadások (2.)

2014

Galla Jánosné

Az 2. előadás témái

1. A hiba rendűsége
2. A mérési módszer hibája
3. Műszerhibák
4. A mérési hibák új megközelítése
5. A járműgyártás metrológiai
többletkövetelményei (összefoglalás)

1. A hiba rendűsége, rendszáma

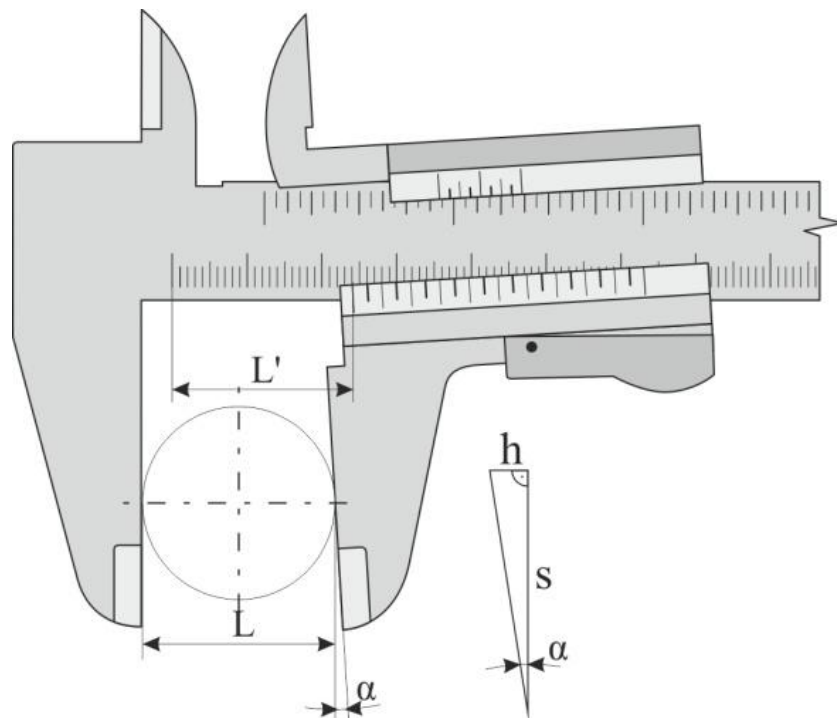
$$h = F(\alpha) = s \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

A függvényt sorbafejtve:

$$h = F(\alpha) = s \cdot \left(\alpha + \frac{1}{3} \cdot \alpha^3 + \frac{2}{15} \cdot \alpha^5 + \dots \right)$$

A hatványsor első érvényes tagját figyelembe véve: $h = s \cdot \alpha^1 + \dots$

A **hiba elsőrendű**



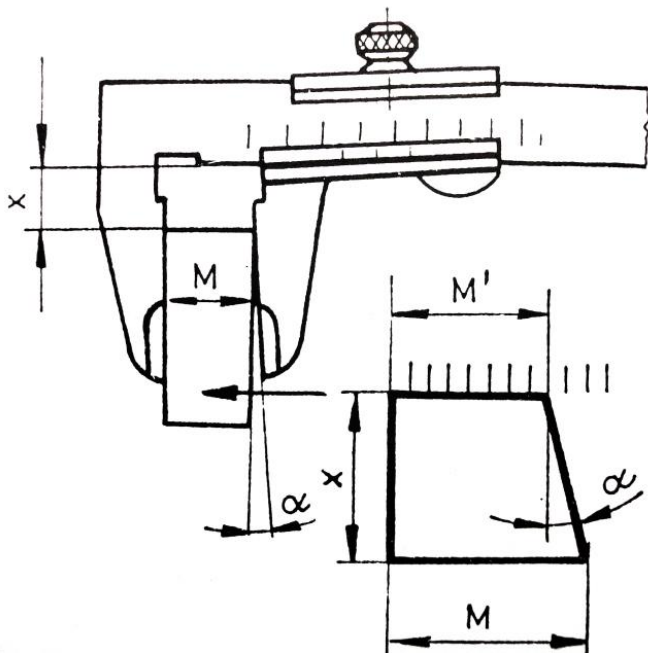
A **hiba rendszáma** (nagyságrendje) mindig a (csonka) hatványsorban szereplő legkisebb kitevőjű tag kitevőjével egyenlő, függetlenül attól, hogy a hiba pontos értékéhez hány tagot veszünk figyelembe

$$H(x) = a_0 \cdot x^0 + a_1 \cdot x^1 + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 + \dots a_n \cdot x^n$$

1. A hiba rendűsége

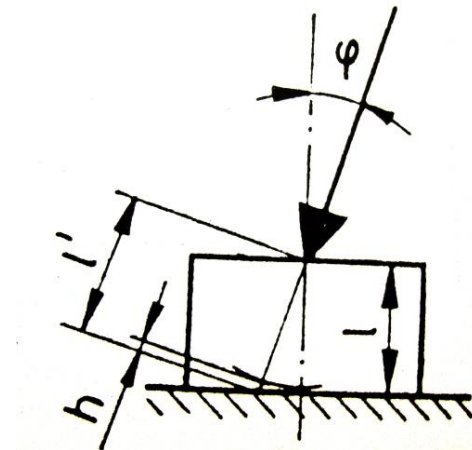
Sin és tg fv.: elsőrendű
Cos fv.: másodrendű hiba

Példa elsőrendű hibára



$$h = M - M' = x \operatorname{tg} \alpha \cong x \alpha$$

Példa másodrendű hibára



$$h = l' - l = \frac{1}{\cos \varphi} - l$$

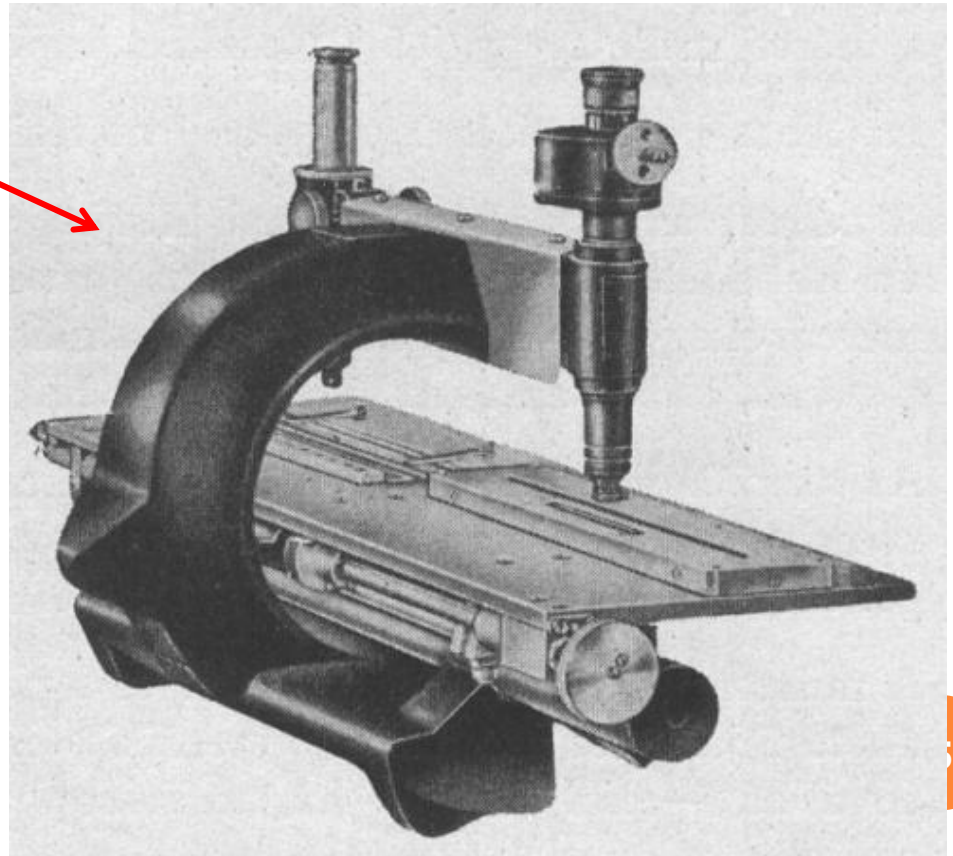
$$\cos \varphi = 1 - \frac{1}{2!} \varphi^2 + \dots \quad h = l \cdot \frac{\varphi^2}{2}$$

1. A hiba rendűsége

Törekedni kell arra, hogy a mérési módszer minimum másodrendű hibával rendelkezzen. Az elsőrendű hiba kiküszöbölésének módját geometriai mérések területén a hossz méréstechnika alaptételei adják.

Abbe-elv

Kollimátor-elv



2. A MÉRÉSI MÓDSZER HIBÁJA

A **mérési módszer** hibája

A mérési módszer mindazon elvek és összefüggések összessége, amelyet a mérőszám előállítására felhasználunk.

A mérési módszerben - mint elem - benne van a mérőműszer is. Geometriai mérések esetén pl. a mérőműszer - állvány - munkadarab rendszer egyszerű összefüggésekkel könnyen kezelhető formulákkal leírható. A mérési módszerre vonatkozó, azt befolyásoló hibák oka lehet:

- a mérőeszköz hibája,
- a mérendő tárgy állapota, alak-, felületminőség okozta hibák
- a beállító etalon hibája,
- az alaphőmérséklettől eltérő hőmérséklet okozta hiba,
- a mérőnyomás okozta hiba.

Törekedni kell arra, hogy **a mérési módszer minimum másodrendű hibával rendelkezzen**. Az elsőrendű hiba kiküszöbölésének módját geometriai mérések területén a hosszméréstechnika alaptételei adják.

3. MŰSZERHIBÁK - MÉRÉSI HIBÁK EREDET SZERINT

- Emelőkarok hibái
- Lineáris vezetékek hibái okozta eltérések
- A síklapok, asztalok, felfekvő felületek alakeltérésének hatása
- A mérőfelületek párhuzamossági, ferdeségi hibái
- Zérus hiba
- Irányváltási hiba
- A nem megfelelő pozícionálás, hibás helyzet okozta hibák
- A saját súly, mérőerő vagy szorítóerő által okozott alakváltozások
- Parallaxis hiba
- Konzolos befogás
- Hőmérséklet okozta hiba
- ...

3. MŰSZERHIBÁK

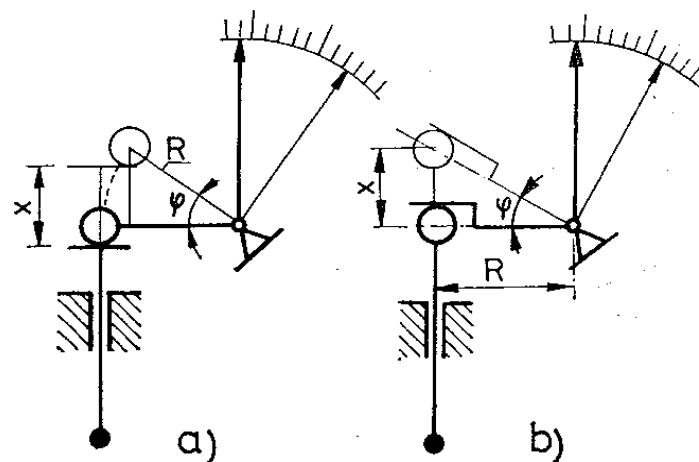
Emelőkarok hibái

a) a szinuszos mechanizmus hibája :

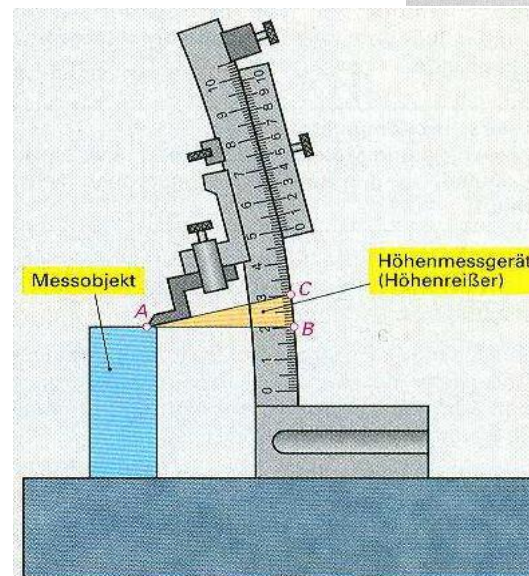
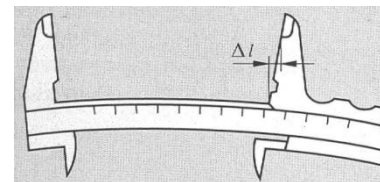
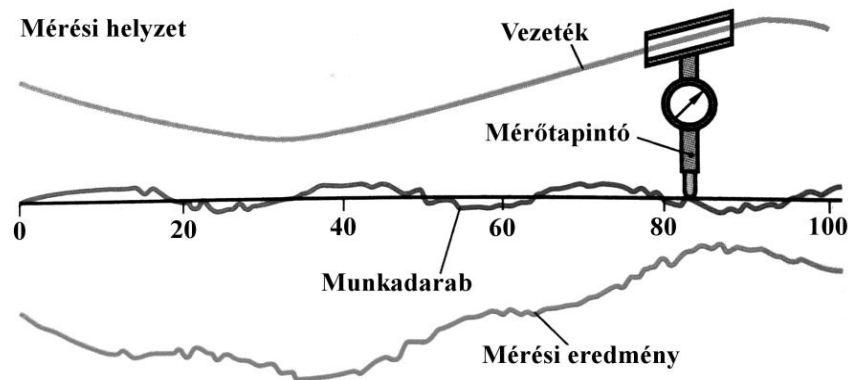
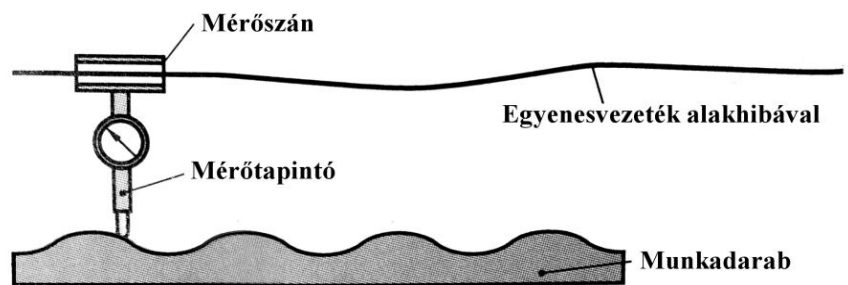
$$\Delta x = x - x_g = R(\sin\varphi - \varphi) = R\left(\varphi - \frac{\varphi^3}{3!} - \varphi\right) = -R \frac{\varphi^3}{3!}$$

b) a tangens mechanizmus hibája

$$\Delta x = x - x_g = R(\operatorname{tg}\varphi - \varphi) = R\left(\varphi + \frac{\varphi^3}{3} - \varphi\right) = R \frac{\varphi^3}{3}$$

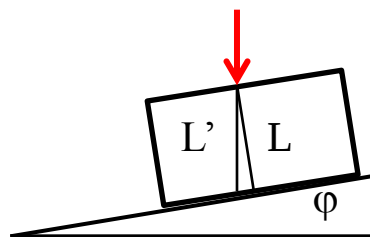
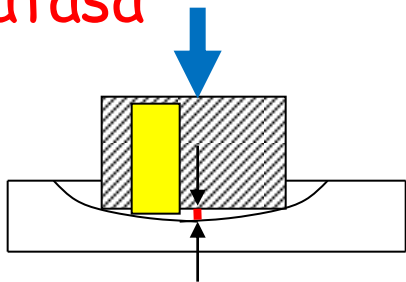


Lineáris vezetékek hibái okozta eltérések

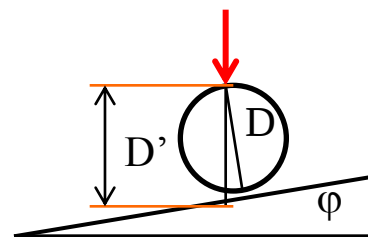


3. MŰSZERHIBÁK

- A síklapok, asztalok, felfekvő felületek alakeltérésének hatása

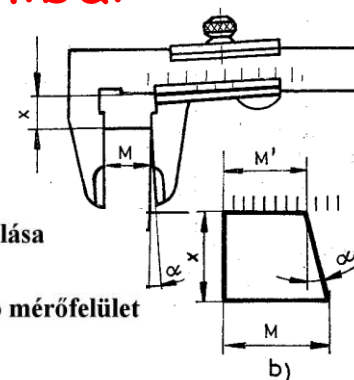
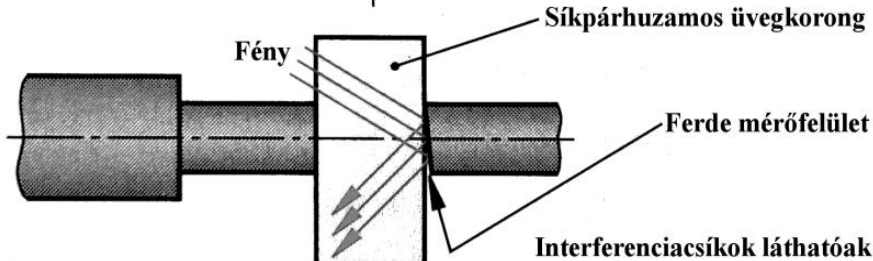
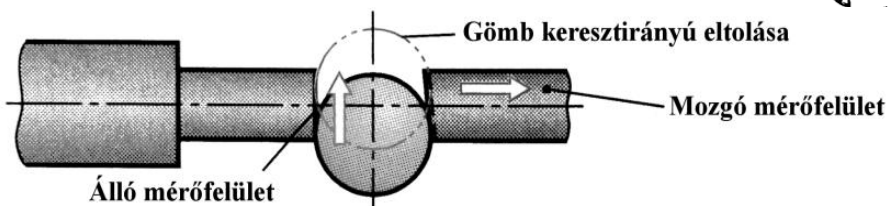
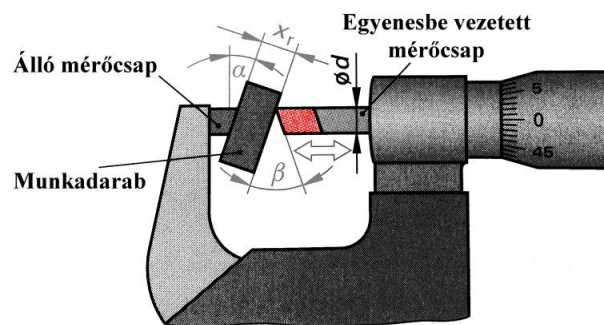
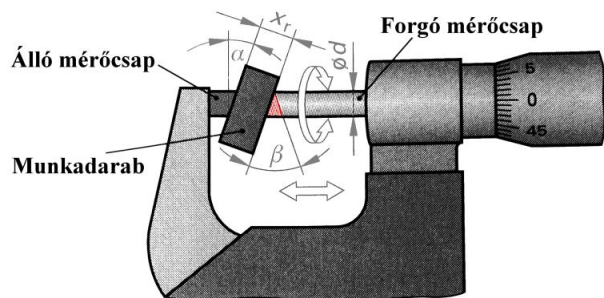


$$h = L' - L = 1/2 \cdot L \cdot \varphi^2$$



$$h = D' - D = 1/4 \cdot D \cdot \varphi^2$$

- A mérőfelületek párhuzamossági, ferdeségi hibái

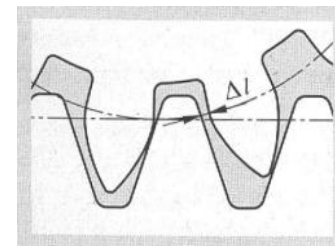
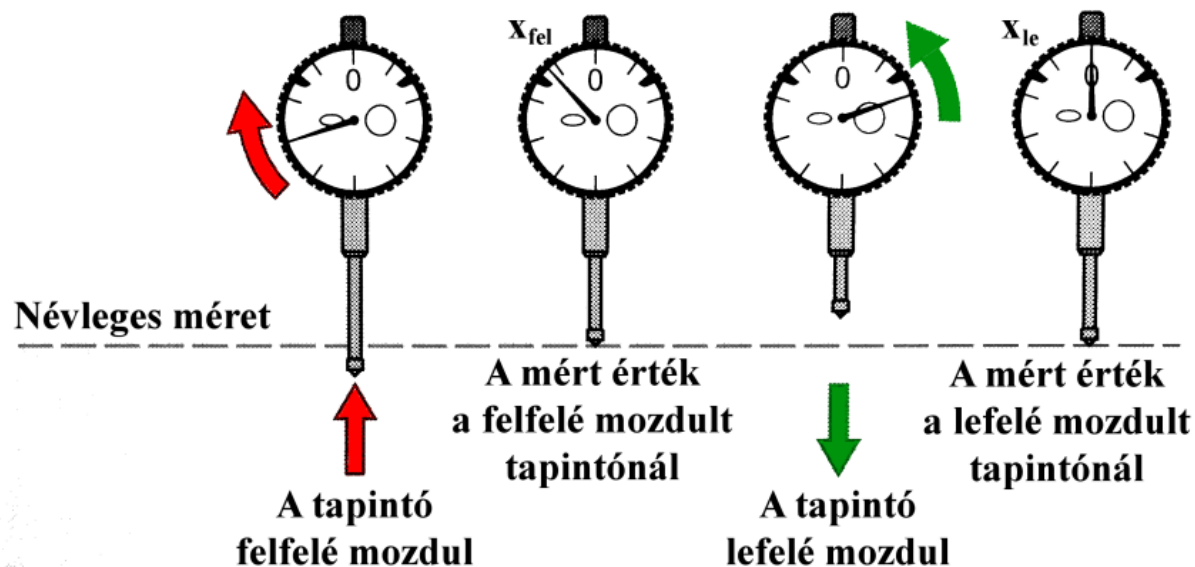


3. MŰSZERHIBÁK

○ Zérus hiba

Kopott mérőfelületek, a mutató vagy a skála eltolódása előidézhetik, hogy a mérőfelületeket nullára állítva, a skála nullától eltérő értéket mutat. A zérus hiba értékét figyelembe lehet venni, esetleges utánállítással ki lehet küszöbölni.

○ Irányváltási hiba



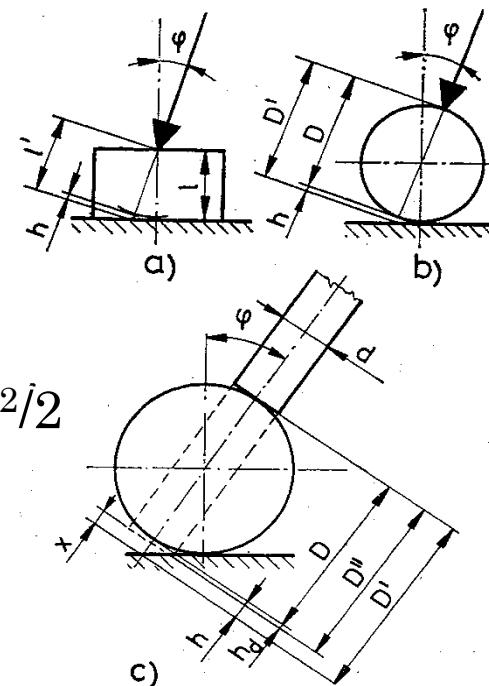
3. MŰSZERHIBÁK

- A nem megfelelő pozícionálás, hibás helyzet okozta hibák

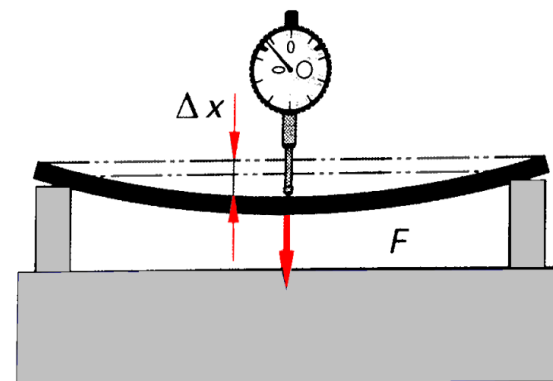
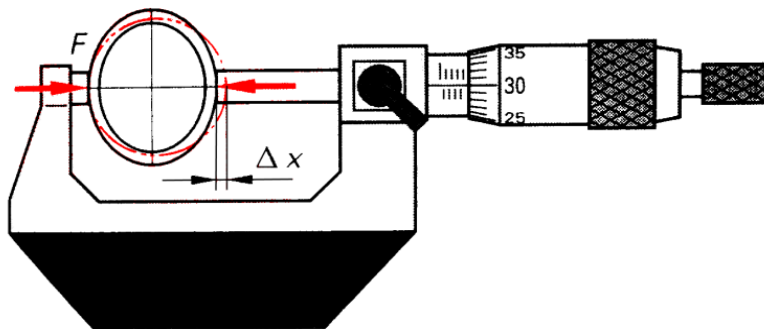
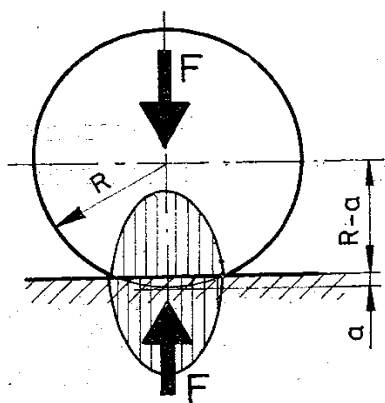
a) $h = l' - l = \frac{1}{\cos \varphi} - l; \cos \varphi = 1 - \frac{1}{2!} \varphi^2 + \dots; h = l \cdot \varphi^2 / 2$

b) $h = D' - D = D \cdot \varphi^2 / 4$

c) $h_d = h - x = \frac{D \varphi^2}{4} - \frac{2d}{4} + \frac{d \varphi^2}{4} \dots$

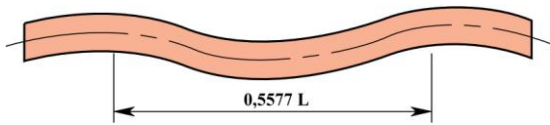


- A saját súly, mérőerő vagy szorítóerő által okozott alakváltozások

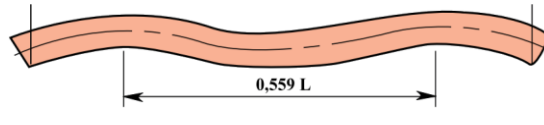


3. MŰSZERHIBÁK - MÉRÉSI HIBÁK EREDETE

- A saját súly, mérőerő vagy szorítóerő által okozott alakváltozások



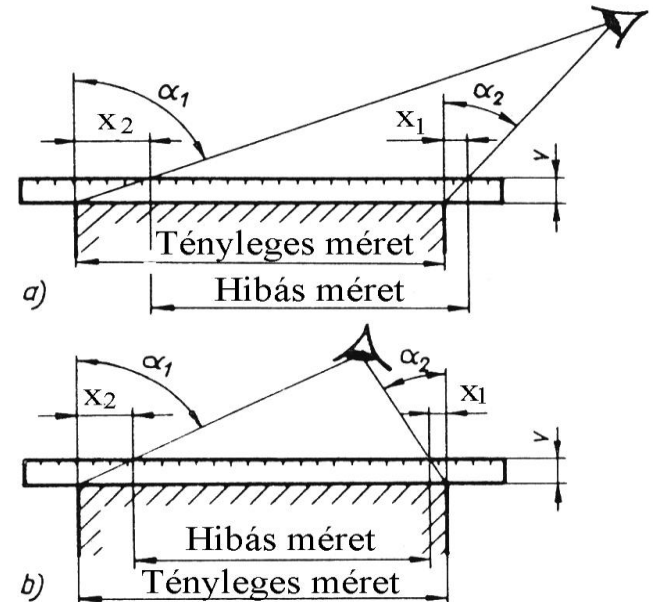
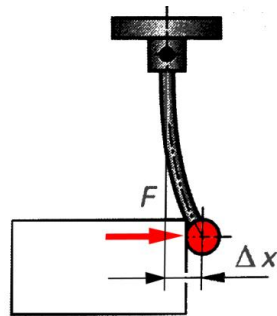
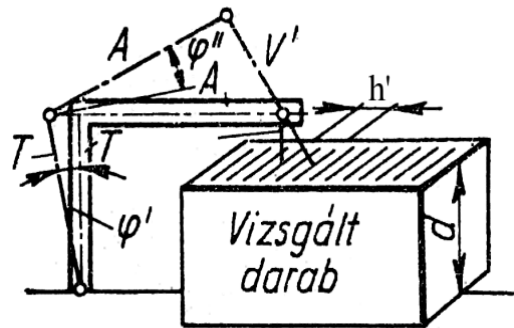
$$a = 0,223 \cdot L$$



$$a = 0,239 \cdot L$$

- Parallaxis hiba

- Konzolos befogás



- Hőmérséklet okozta hiba

$$\Delta l = l_{20} \cdot [a_1 \cdot (t_1 - 20^\circ) - a_2 \cdot (t_2 - 20^\circ)]$$

4. A mérési hibák új megközelítése

A MÉRÉSI FOLYAMAT ÉRTELMEZÉSE

A mérési folyamat = a **gyártási folyamat szerves része**

- A mérési rendszer legyen **statisztikailag szabályozott** !
A mérési rendszer eltérését csak véletlen hibák okozhatják, ezt úgy hívjuk, hogy statisztikai stabilitás
- A MR eltérése/**szórása legyen kicsi a** gyártási folyamat eltéréséhez vagy a tűrésmezőhöz képest!
- **Munkapontra** vizsgáljuk a MR statisztikai tulajdonságait

Statisztikailag stabil a mérési folyamat, ha durva és rendszeres hiba nem befolyásolja a mérési eredményt, csak a véletlen változékonyság van jelen a folyamatban

4. A mérési hibák új megközelítése

A mérési rendszer lehetséges hibái

Pontosság: a mért értékek átlaga és a referenciaérték különbsége

Ismételhetőség: a kapott mérési eredmények eltérése, amikor egy mérést végző személy ugyanazt a jellemzőt többször méri

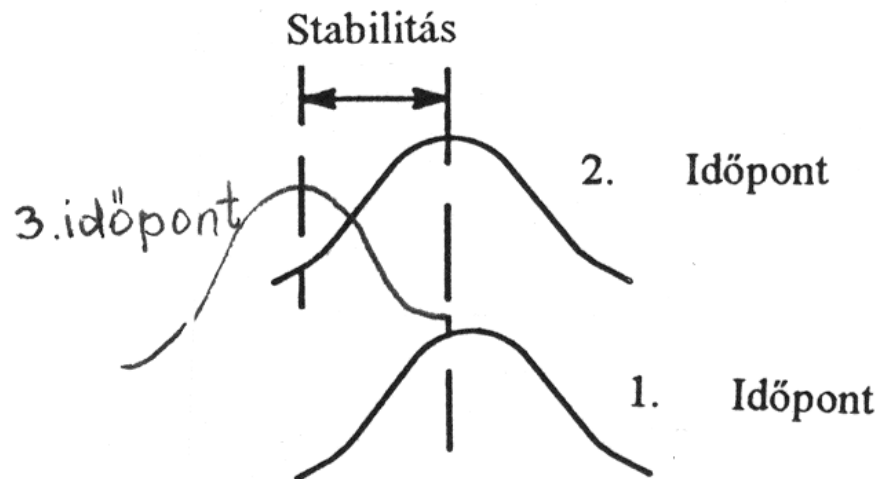
Reprodukálhatóság: a mérési eredmények átlagainak különbsége, ha több személy ugyanazzal a mérőeszközzel ugyanazt a jellemzőt ugyanazon a darabon méri

Stabilitás: különböző (hosszabb) időtartam alatt ugyanazon a mintán (vagy darabon) végzett mérések átlagainak különbsége

Linearitás: a mérési tartományon belül észlelt torzítás-eltérés

4. A mérési hibák új megközelítése

Stabilitás



A mérési rendszer vagy folyamat statisztikai stabilitása

lehetőséget nyújt a mérési rendszer vagy folyamat jövőbeli működésének becslésére

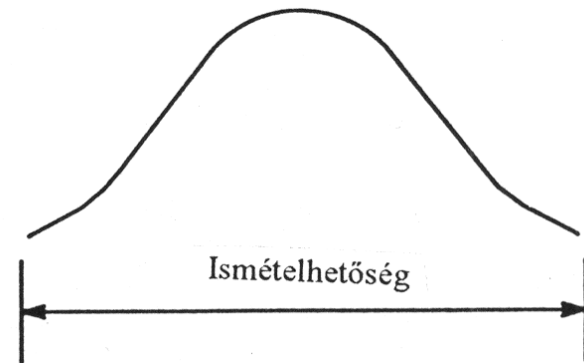
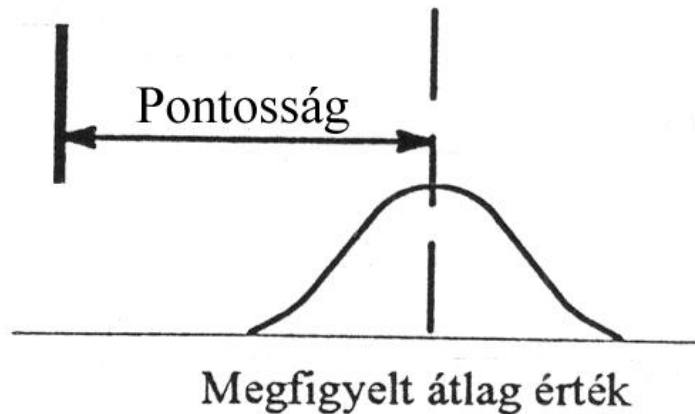
Az ismételhetőség és reprodukálhatóság vizsgálat ismeretlen stabilitási állapot mellett több kár, mint haszon, mert a szakszerűtlen beavatkozás miatt, pl. növekedhet a mérési rendszer eltérése (σ)

4. A mérési hibák új megközelítése

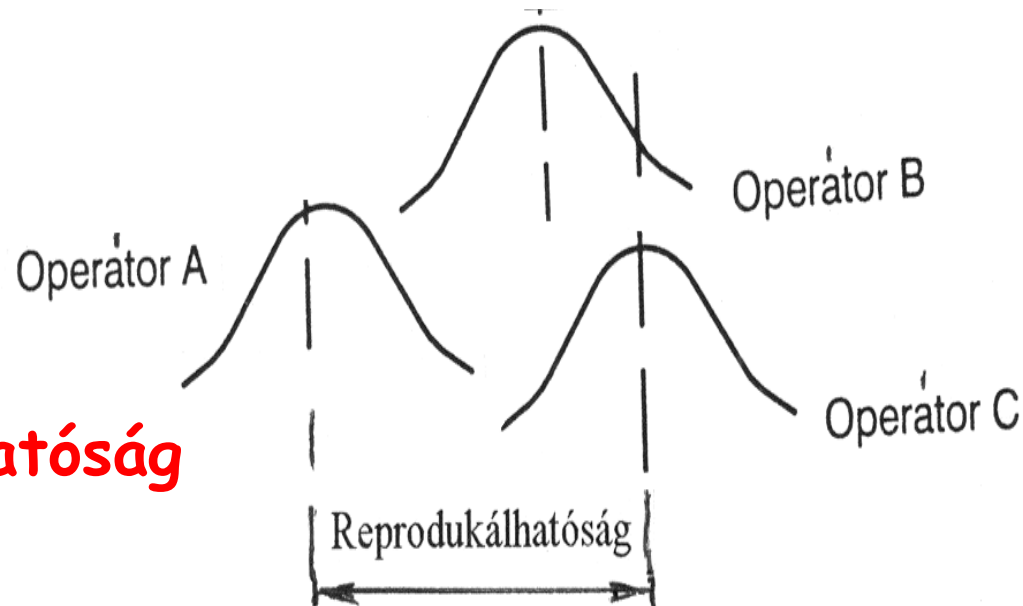
Referencia érték

Pontosság

Ismételhetőség



Reprodukálhatóság



4. A mérési hibák új megközelítése

Linearitás

A linearitás a mérőeszköz feltételezett mérési tartományában a **pontosság értékei közötti eltérés**

A mérőeszköz linearitásának **mérőszáma** = a regressziós egyenes meredeksége * a darabokra vonatkozó folyamateltéréssel (vagy tűrésmezővel).

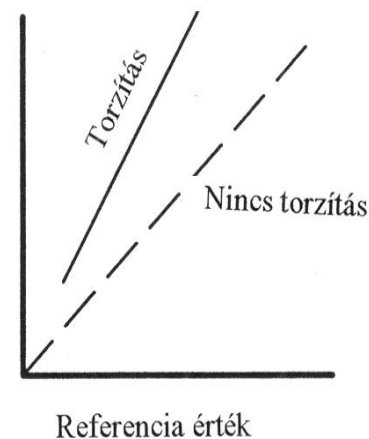
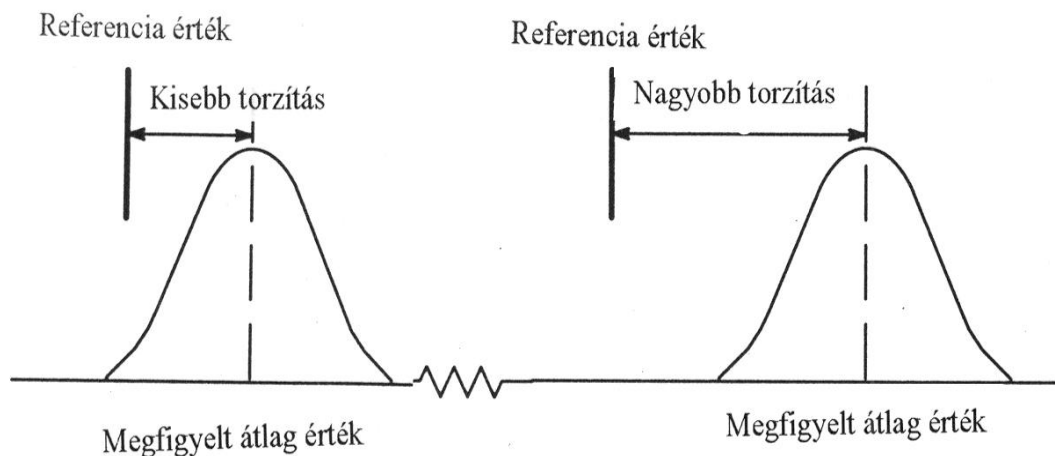
A %-ban kifejezett linearitás =

$100 * \text{linearitás mérőszáma} / \text{folyamateltérés (vagy tűrésmező)}$

Ajánlott **elemzési technika**:

korrelációs diagram a legjobban illeszkedő egyenessel

Megfigyelt átlag érték



4. A mérési hibák új megközelítése R&R vizsgálat

A mérési rendszer eltéréseit nemcsak a nem megfelelő pontosságú mérőeszközök okozhatják, hanem a mérést végző személyek is. Folyamatos gyártásnál az ellenőrzést több operátor (minőségellenőr) végzi, és a cél az, hogy az adott alkatrész különböző személyek által végzett mérései a lehető legjobban megközelítsék egymást.

Az R&R vizsgálat során **több személy** (q db),
több alkatrész (r db) vizsgálatát végzi el,
ismételt mérések (p db) során.

Általában $q = 3$, $r = 10$ és $p = 3$.

Az ingadozás forrásainak felbontása:

Mérési eredmények eltérése: alkatrészek közötti különbség
mérőrendszer okozta különbség
mérőeszköz (ismételhetőség)
operátor (reprodukálhatóság)

4. A mérési hibák új megközelítése R&R vizsgálat

A mérési eredmények eltérését jellemző variancia az alábbi összetevőkből épül fel:

$$\hat{\sigma}_{teljes}^2 = \hat{\sigma}_{alkatrész}^2 + \hat{\sigma}_{mérés}^2$$

$$\hat{\sigma}_{reprodukálhatóság}^2 = \hat{\sigma}_{operátor}^2 + \hat{\sigma}_{operátor*alkatrész}^2$$

$$\hat{\sigma}_{mérés}^2 = \hat{\sigma}_{reprodukálhatóság}^2 + \hat{\sigma}_{ismételhetőség}^2$$

4. A mérési hibák új megközelítése R&R vizsgálat

$$R \& R = \hat{\sigma}_{\text{ismételhetőség}}^2 + \hat{\sigma}_{\text{reprodukálhatóság}}^2$$

$$R \& R\% = \frac{R \& R}{\hat{\sigma}_{\text{teljes}}^2}$$

Minősítési kritériumok:

$R \& R\% \geq 10\%$: *Megfelelő*

$10\% < R \& R \leq 30\%$: *Megfontolással elfogadható*

$R \& R > 30\%$: *Nem megfelelő*

4.1. MÉRŐESZKÖZ-KÉPESSÉG VIZSGÁLAT

$$C_g = \frac{T * 0,15}{s_g}$$

$$C_{gk} = \text{Min} \left\{ \frac{(X_v + 0,075 * T) - \bar{x}_g}{3 * s_g}; \frac{\bar{x}_g - (X_v - 0,075 * T)}{3 * s_g} \right\}$$

Minősítési kritériumok:

$$C_{gk} \geq 1,67$$

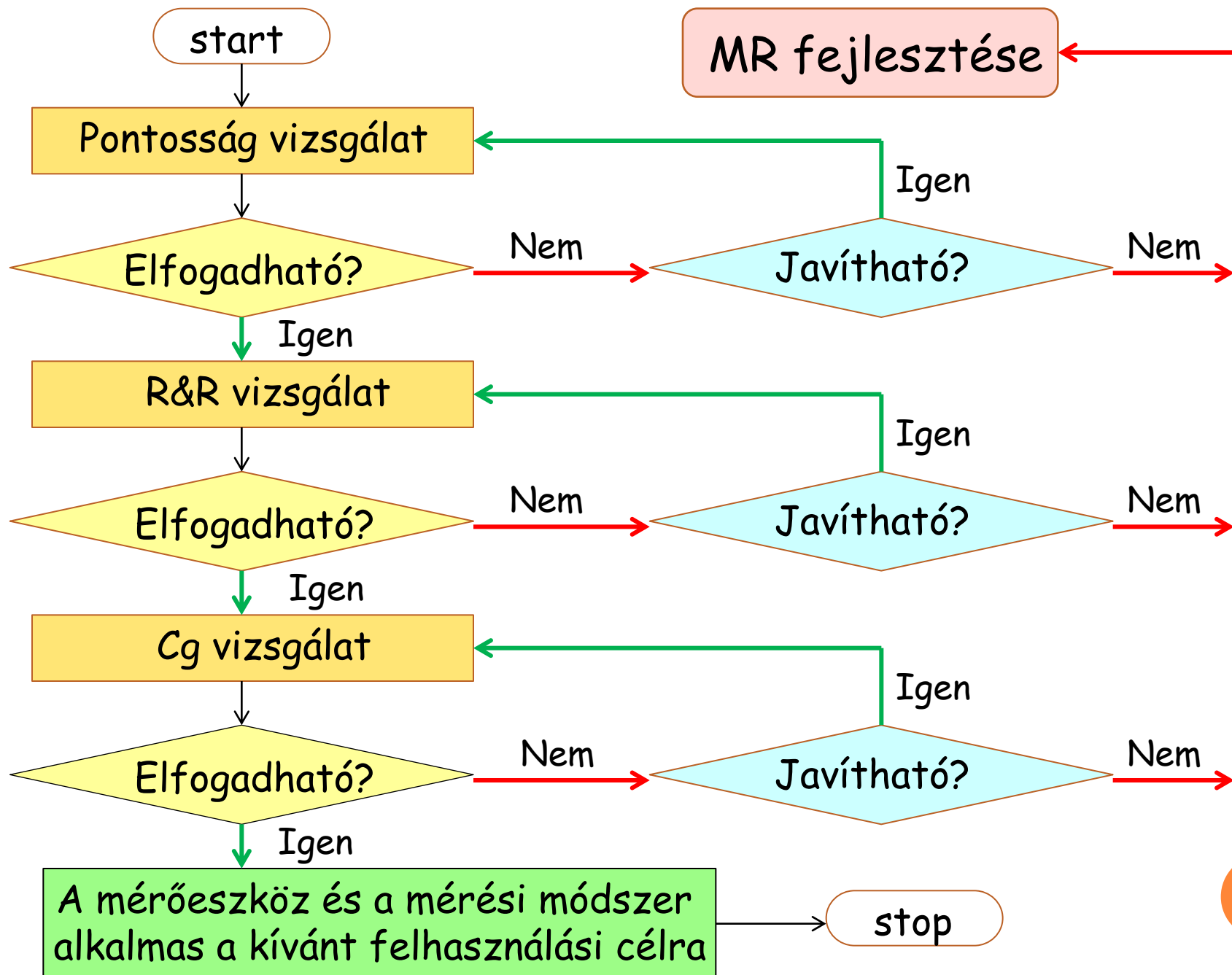
: Megfelelő

$$1,67 > C_{gk} \geq 1,33$$

: Megfontolással elfogadható

$$C_{gk} < 1,33$$

: Nem megfelelő



5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET- KÖVETELMÉNYEI - **MSA**

MSA kézikönyv szerinti mérési rendszer megfelelőség értékelés

A QS 9000-es autóipari többletkövetelmények

- **APQP** (Advanced Product Quality Planning and Control Plan)- minőségtervezés;
- **PPAP** (Production Part Approval Process)) - első minta jóváhagyási folyamata;
- **FMEA** (Potential Failure Mode and Effects Analysis)- hibamód- és hatáselemzés.
- **MSA** (Measurement Systems Analysis)- mérőrendszer elemzés, melynek jelenleg a 4. kiadása érvényes 2010 óta;
- **SPC** (Statistical Process Control) - statisztikai folyamatszabályozás.

5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET- KÖVETELMÉNYEI - **MSA**

A mérési rendszer vizsgálatához is szükséges megfelelő előkészületek elvégzése.

Mérési rendszerek esetében az

- első lépés a megfelelő **megközelítési mód** kiválasztása.
- Ezután következik a kísérletben résztvevő **operátorok**, **alkatrészek** és az **ismétlések számának** meghatározása.

Figyelembe kell venni:

- kritikus méretek esetén több alkatrész vagy ismétlés bevonása a vizsgálatba;
- nagyméretű vagy nehéz minták esetén kevesebb minta mellett több ismétlés elvégzése;
- vevői követelmények.

5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET- KÖVETELMÉNYEI - **MSA**

A középérték hibalehetőségei:

- **Pontosság** (Accuracy): adott referenciaérték és egy vagy több mérési eredmény közötti eltérés.
- **Torzítás** (Bias): adott referenciaérték és egy adott alkatrész mért értéke (vagy több mérés esetén azok átlaga) közötti eltérés. Tipikusan mérőeszköz-hiba.

Okai lehetnek például:

- helytelenül vagy túl régen kalibrált mérőeszköz;
- elhasználódott, kopott a mérőeszköz;
- nem megfelelő vagy nem megfelelően kalibrált etalon;
- linearitási hiba;
- környezeti hatások: hőmérséklet, páratartalom stb.

5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET- KÖVETELMÉNYEI - **MSA**

A középérték hibalehetőségei:

- **Stabilitás** (Stability): a torzításból adódó középérték eltérés alakulása az idő függvényében, ugyanazon alkatrész vagy etalon egy adott paraméterének vizsgálata során. Okai lehetnek:
 - túl régen kalibrált mérőeszköz;
 - kopás;
 - tervezett (üzemszerű) előregedés;
 - környezeti hatások.
- **Linearitás** (Linearity): e tulajdonság nem jelent mást, mint a mérőeszköz torzításának esetleges eltérését az eszköz mérési tartományának függvényében. Okai lehetnek:
 - túl régen kalibrált mérőeszköz;
 - kalibrálás nem terjedt ki a teljes mérettartományra;
 - kopás;
 - nem megfelelő karbantartás, korrózió, esetleg porosodás vagy egyéb szennyezés;
 - környezeti hatások.

5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET- KÖVETELMÉNYEI - **MSA**

A szórás ingadozásának hibalehetőségei

- **Precizitás** (Precision): a mért értékek szórása a mérőeszköz mérettartományának függvényében.
- **Ismételhetőség** (Repeatability): lényege, hogy
 - ugyanazon személy
 - ugyanazzal a mérőeszközzel
 - ugyanazt a jellemzőt méri
 - ugyanazon a munkadarabon.

Ezzel kiküszöbölhetjük a mérési folyamat hibáit, és koncentrálnunk a mérőrendszerünk problémáira. Az ingadozás eszköz-oldali **okai** lehetnek:

- alkatrész formája, mintabeli különbségek;
- mérőeszköz elöregedése, helytelen karbantartás vagy kalibrálás;
- etalon minősége, állapota;
- helytelen metodika;
- operátor mérési technikája, képzetlensége, egészségi állapota;
- környezeti hatások (gyors) változása, pl. hőmérséklet.

5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET- KÖVETELMÉNYEI - **MSA**

A szórás ingadozásának hibalehetőségei

- **Reprodukálhatóság** (Reproducibility): az ismételhetőséggel szemben itt a folyamatból eredő ingadozások is megjelennek. Itt ugyanis nem egy, hanem több operátor hajtja végre ugyanazokat a méréseket.

Ennek értelmében a lehetséges **hibaokok**:

- alkatrészeken közti méreteltérés;
- több mérőeszköz használata esetén az ezekből nyerhető eredmény eltérése ugyanazon operátor és alkatrész esetén;
- helytelen metodika;
- operátorok közötti eltérés, pl. képesség, képzettség, egészségi állapot stb;
- az ismételt mérések közötti időben történt környezeti változások, pl. hőmérséklet vagy páratartalom.

5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET- KÖVETELMÉNYEI - **MSA**

A szórás ingadozásának hibalehetőségei

- **GRR** érték: az ismételhetőség és a reprodukálhatóság kombinációja (négyzetösszege).
- **Mérőrendszer képessége** (Measurement system capability): a mérőrendszer szórásainak pillanatnyi állapota.
- **Mérőrendszer teljesítménye** (Measurement system performance): a mérőrendszer szórásainak változása az idő függvényében.
- **Érzékenység** (Sensitivity): A legkisebb olyan bemeneti érték (valós méret), mely változást eredményez a mérőműszer értékmutatásában.
- **Konzisztencia** (Consistency): a mért eredmények szórásainak változása az idő függvényében.
- **Homogenitás** (Uniformity): a szórás változása a mérőeszköz mérési tartományában.

5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET-KÖVETELMÉNYEI - **MSA**

Átlag-terjedelem módszer

Az ingadozás forrásainak felbontása:

- Mérési eredmények eltérése (TV , total variation)
 - alkatrészek közötti különbség (PV , part variation)
 - mérőrendszer okozta különbség (GRR , gage repeatability and reproducibility)
 - mérőeszköz (ismételhetőség) (EV , equipment variation)
 - operátor (reprodukálhatóság) (AV , appraiser variation)

$$TV = \sqrt{PV^2 + GRR^2}$$

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$$

$$\%GRR = \frac{GRR}{TV} \cdot 100\%$$

5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET- KÖVETELMÉNYEI - **MSA**

megkülönböztethető kategóriák száma:

$$ndc = 1,41 \cdot \frac{PV}{GRR} \quad (\text{min. } 5)$$

Az elfogadás feltétele:

- %GRR < 10 %, ekkor a mérési rendszer megfelelő.
- 10% < %GRR < 30%, ekkor a mérési rendszer megfontolással elfogadható.
- %GRR > 30%, ekkor a mérési rendszer nem megfelelő.

5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET- KÖVETELMÉNYEI - **VDA 5**

A német autóipari többletkövetelmény szerint kalibrálási folyamatok során van egy nagyon fontos befolyásoló tényező, ez a tényező a **mérés bizonytalansága**. Gyakorlatilag ez az összetevő melynek a legnagyobb befolyása van a végeredményre. Ezért a VDA 5 kötete szerinti mérési rendszer és folyamat értékelése során a mérési bizonytalansági tényezők meghatározása során jutunk el a mérés értékeléséhez.

A mérési folyamatok matematikai modelljéből kiindulva a standard bizonytalanságok minden releváns befolyásoló mennyiséghez meghatározhatók. A standard bizonytalanságok számszerűsítik az egyes bizonytalanságrészeket. A mérési bizonytalanságok terjedésének szabályai szerint az érzékenységi együtthatók a modellegyenlet egyedi befolyásoló mennyiségek szerinti parciális levezetésével meghatározhatóak.

5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET- KÖVETELMÉNYEI - **VDA 5**

A VDA 5 autóipari többletkövetelmény a mérések vizsgálatát két részre bontja fel.

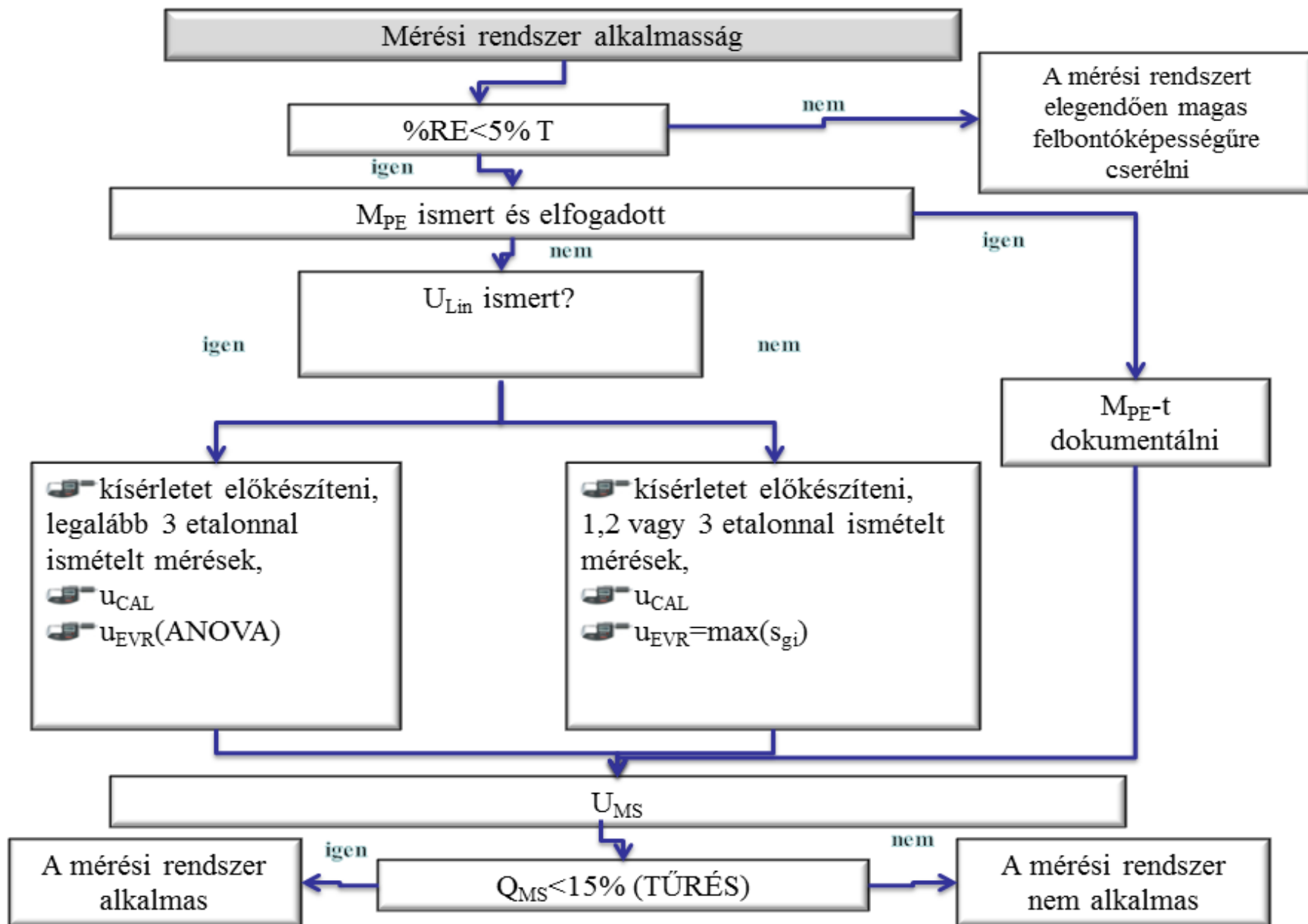
- Az egyik a **mérőeszköz vagy a mérési rendszer vizsgálata**.

E során csak a mérőeszköz tulajdonságainak elemzése történik.

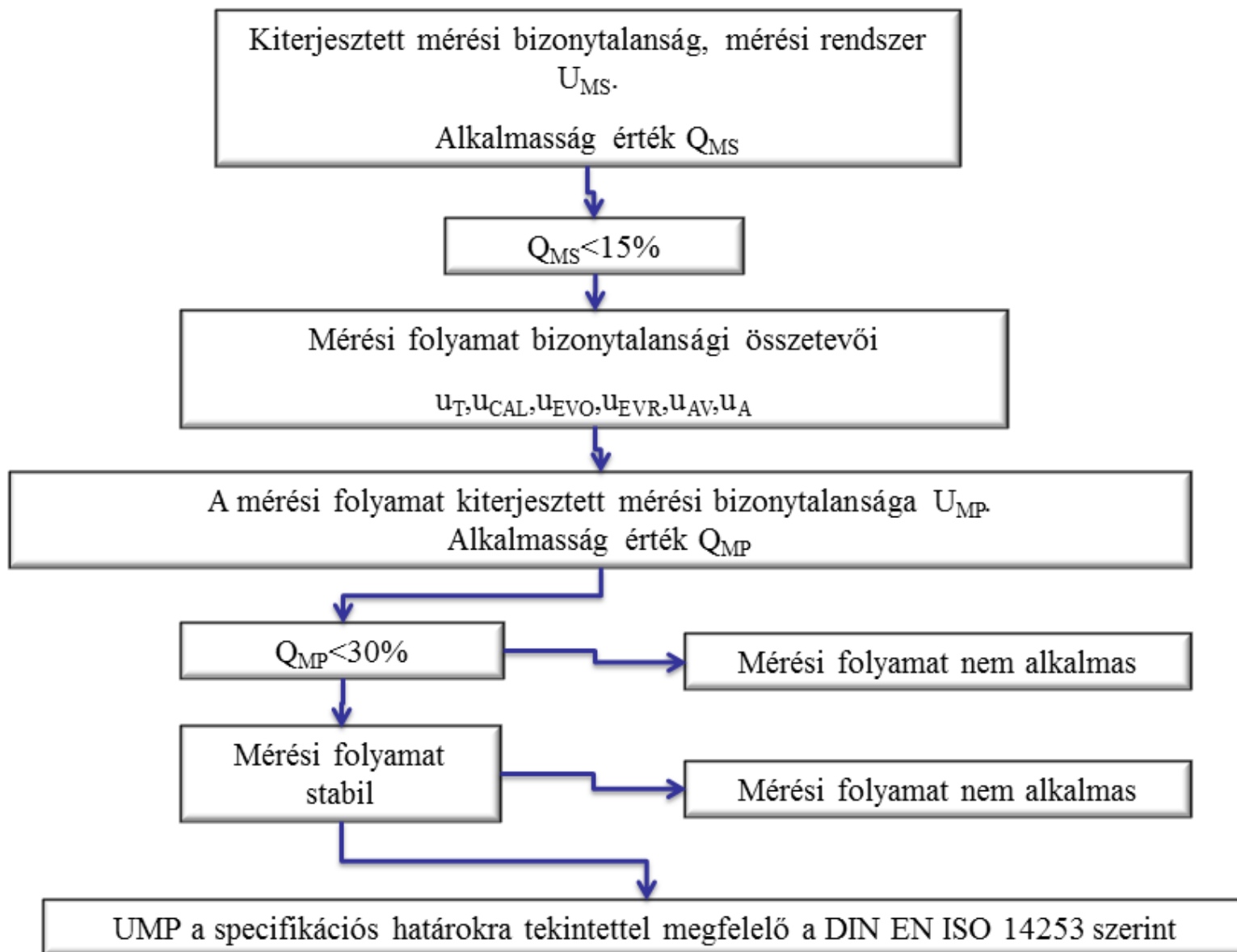
- A **másik vizsgálat a mérési folyamatra vonatkozik**, amely már figyelembe veszi a mérés során a különféle hatások vizsgálatát is, vagyis azt, hogy
 - több személy végezheti el a méréseket,
 - különféle környezeti hatások befolyásolhatják a mérést,
 - a munkadarabok okozta bizonytalanság is befolyásolhatja az eredményeket.

Ennek alapján a bizonytalanságot meg kell határozni mind a mérési rendszerre (U_{MS}), mind pedig a mérési folyamatra (U_{MP}).

5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET-KÖVETELMÉNYEI - **VDA 5 MÉRÉSI RENDSZER**



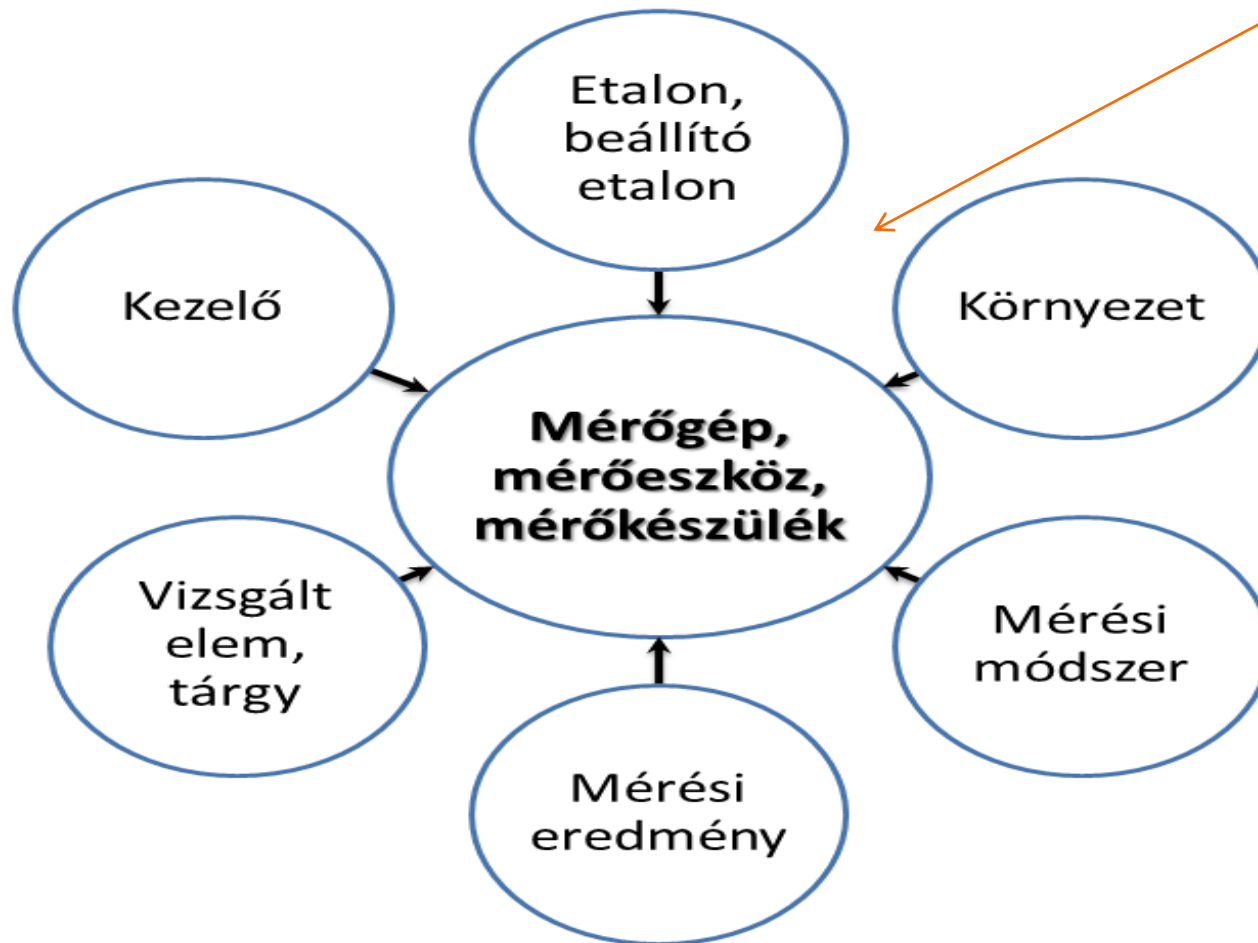
5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET- KÖVETELMÉNYEI - **VDA 5 MÉRÉSI FOLYAMAT**



5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET- KÖVETELMÉNYEI - **ISO 22514-7 szerint (2012)**

A mérőrendszer leírható egy folyamatként, melynek

- kimeneti értéke a mérési eredmény,
- bemeneti értékei változatosak ➞ bizonytalanságok



5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET- KÖVETELMÉNYEI - **ISO 22514-7 szerint (2012)**

A bizonytalanságok okai

○ Konstans hatások:

- kalibrálás;
- felbontóképeség: a mérőeszköz fizikai paramétereiből adódó pontosság;
- a munkadarabból adódó bizonytalanság (munkadarab pontatlansága vagy torzítása).

○ Változó hatások:

- mérő személyek hatása;
- hőmérséklet (hőtágulás miatt);
- páratartalom (arra érzékeny munkadarabok esetében).

○ Hosszú távú elváltozások

- kopás, elhasználódás;
- drift

5. A JÁRMŰGYÁRTÁS METROLÓGIAI TÖBBLET- KÖVETELMÉNYEI - **ISO 22514-7 szerint (2012)**

A szabvány lényege, hogy a különböző forrásokból adódó bizonytalansági összetevők segítségével becsüli meg az aktuális folyamat képesség indexét.

A szabvány alkalmazásához fontos tisztában lenni azzal, hogy

- az kizárólag a megvalósítási bizonytalanságot vizsgálja, melynek nagyobbak kell lennie, mint a módszer vagy a specifikáció bizonytalansága. Továbbá azzal, hogy
- a szabványban leírtak nem alkalmazhatók összetett mérési folyamatokra sem.

A szabvány két részre bontja a képességvizsgálat folyamatát:

mérőrendszer elemzése: ahol a mérőeszköz elemzésével kapcsolatos bizonytalansági összetevők vizsgálata történik meg;

mérési folyamat elemzése: ahol a mérési módszer, személy, alkatrész, stb. vizsgálata történik meg gyakorlati módszerekkel.