

Méréstechnika

2. előadás

BAGME11NNF
Munkavédelmi mérnökasszisztens
Galla Jánosné, 2011.

A 2. előadás témakörei

- ▶ Mérési hibák súlya és szerepe a mérési eredményben
- ▶ A mérési hibák csoportosítása
- ▶ A hiba rendűsége
- ▶ Mérési bizonytalanság
- ▶ Standard és kiterjesztett mérési bizonytalanság
- ▶ GUM módszer
- ▶ Hibaterjedés

Mérési hibák súlya és szerepe

A mérési eredmény mindig tartalmaz hibát
a mérési eredmény **bizonytalan**

A mérési eredmények mindegyikét **meghamisítja** egy

- * nem tökéletes mérési módszer
- * mérőberendezés vagy etalon
- * a környezet behatásai
- * a mérést végző személy szubjektív adottságai és
- * általunk nem ismert, de jelenlévő véletlen hatás

eltérés = „valódi” érték - mért érték

A valódi értéket nem ismerhetjük meg, csak törekszünk annak legjobb becslésére a „helyes” érték meghatározására

Mérési hibák súlya és szerepe

„helyes” érték = a valódi érték közelítése

a mérendő mennyiség valódi értékének legjobb becslése
értékét megkapjuk a rendszeres hibáktól mentes,
kielégítően nagyszámú mérési sorozat eredményéből is

A **becslés** az elméleti jellemzők adott eljárással,
módszerrel történő közelítése (korlátozott pontosságú
meghatározása) az ismert véges számú és véges
pontosságú adatból

A mérendő mennyiség helyes értékét mérő vagy
reprodukáló eszköz az etalon

A helyes értéket megtestesítheti például egy **mérték**
(a mérték **egy** méretet testesít meg)

Mérési hibák súlya és szerepe

A **mérési hiba** a mérési eredmény és a mérendő mennyiség „valódi” értékének különbsége

$$H_i = x_i - x_h$$

ahol: H_i - a mérési hiba
 x_i - a mért érték,
 x_h - a „helyes” érték

A valódi érték meghatározhatatlan, emiatt a helyes értéket kell használni

A helyes érték bizonytalansága kicsi, kisebb, mint az ellenőrizendő mérőeszközé.

A helyes érték megállapítása a mérés során fellépő konkrét hibák és a **mérési bizonytalanság** nagyságának meghatározása miatt szükséges.

A mérési hibák csoportosítása

A mérési hibák csoportosíthatók:

▶ **eredetük szerint**

- * a modellalkotás
- * a mérési eljárás (elv és módszer)
- * a mérés kivitelezésének (mód, mérőeszköz, mérő személy), hibái

▶ **jellegük szerint**

- * durva
- * rendszeres
- * véletlen hibák

A mérési hibák csoportosítása

A mérési hibák csoportosíthatók:

► **a megjelenítés formája szerint**

* abszolút hiba

$$H_{\text{absz}} = x - x_v, \quad \text{ahol: } x - \text{a mért érték} \\ x_v - \text{a „valódi” érték}$$

* relatív hiba

$$H_{\text{rel}} = [(x - x_v) : x_v] \cdot 100 \% \quad \text{a „valódi érték” százalékában}$$

* redukált hiba

$$H_{\text{red}} = [(x - x_v) : (x_{\text{max}} - x_{\text{min}})] \cdot 100 \%; \\ \text{ahol } x_{\text{max}} - x_{\text{min}} \text{ a mérési tartomány}$$

Megj.: a valódi érték soha nem ismert, így a hiba sem, tehát csak becslés adható meg

$$P(y - U \leq y_{\text{valódi}} \leq y + U) = 0,95$$

A mérési hibák

Mérési hibák (jellegük szerint)

▶ **Durva hiba**

Oka: figyelmetlenség, a mérőeszköz hibás működése, pontatlan modell

A hiba eredetét fel kell tárni, ki kell küszöbölni!

▶ **Rendszeres hiba**

állandó marad az ismételt mérések során, vagy előre meghatározható módon változik

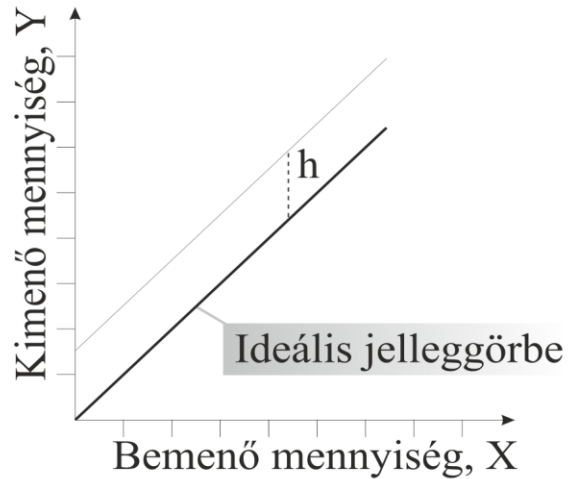
Oka: ismert, de lehet ismeretlen is

Jellemzői: vagy előjele és nagysága ismert az egész méréstartományban, vagy ha nem, akkor véletlen hibaként kezeljük

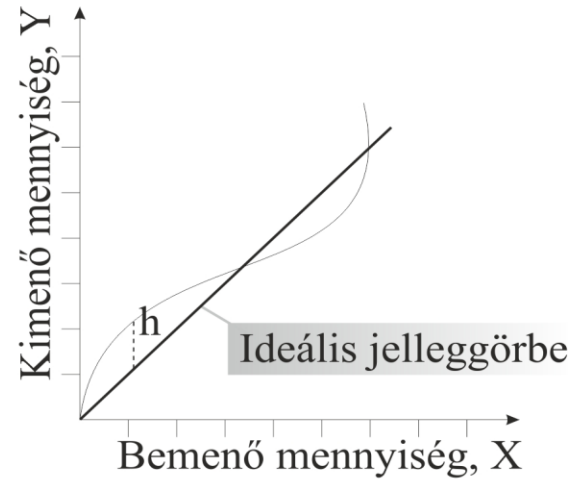
a mérési eredményt a rendszeres hibák
torzítják, **meghamisít**ják

Rendszeres hibák

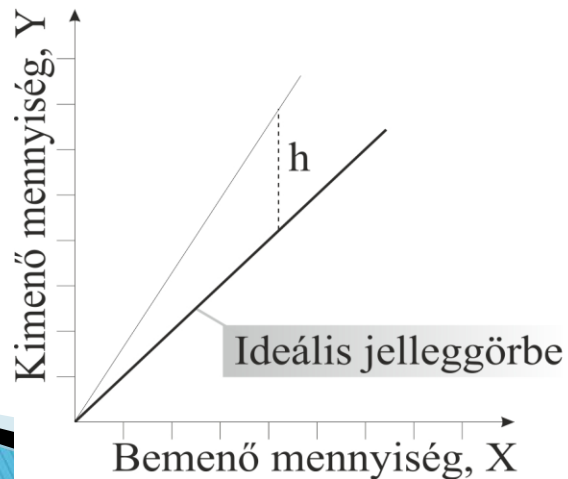
Nullapont hiba



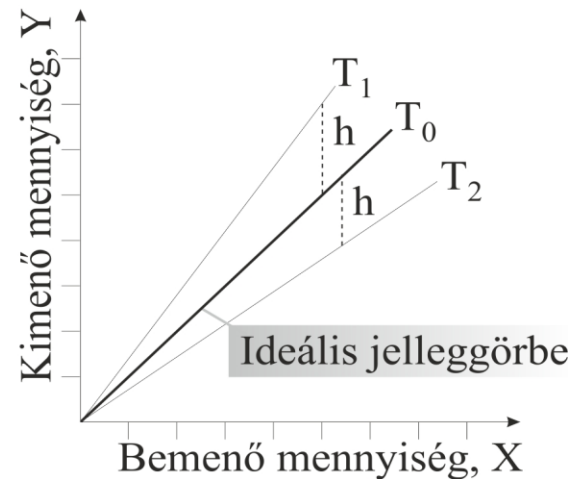
Linearitási hiba



Meredekségi hiba



Hőmérsékleti hiba



A mérési hibák

■ Véletlen hiba

véletlenszerűen változik a mérendő mennyiség ismételt mérése során

a hibaokok időben és térben véletlenszerűen jelentkeznek

a véletlen hiba valószínűségi változó

Pl.: surlódási hibák, környezeti hatások, zajok, a mérendő mennyiség változásai

a mérési eredményt a véletlen hibák

bizonytalanná teszik

A mérési hibák

A hiba megszüntetésének módja

- ▶ **Durva hiba:** a kiugró érték **kizárása**
- ▶ **Rendszeres hiba:**
meghatározható hiba esetében: **korrekció**
(ismertek a mérőeszköz korrekciós adatai - algebrai összegzés)
nem ismertek: **hibaterjedés számítás és kalibrálás**
- ▶ **Véletlen hiba:**
ismételt mérésekkel ismerhető fel,
statisztikai módszerekkel vehető figyelembe
(átlag, szórás, konfidencia, várható érték, hibastatisztika,
hibaösszegzés: négyzetes középérték)

A hiba rendűsége, rendszáma

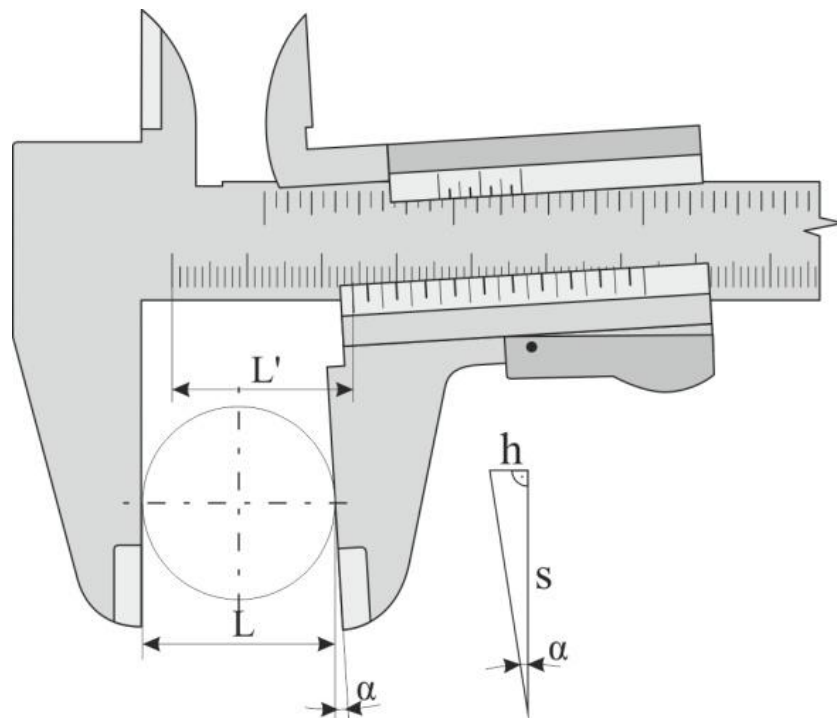
$$h = F(\alpha) = s \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

A függvényt sorbafejtve:

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

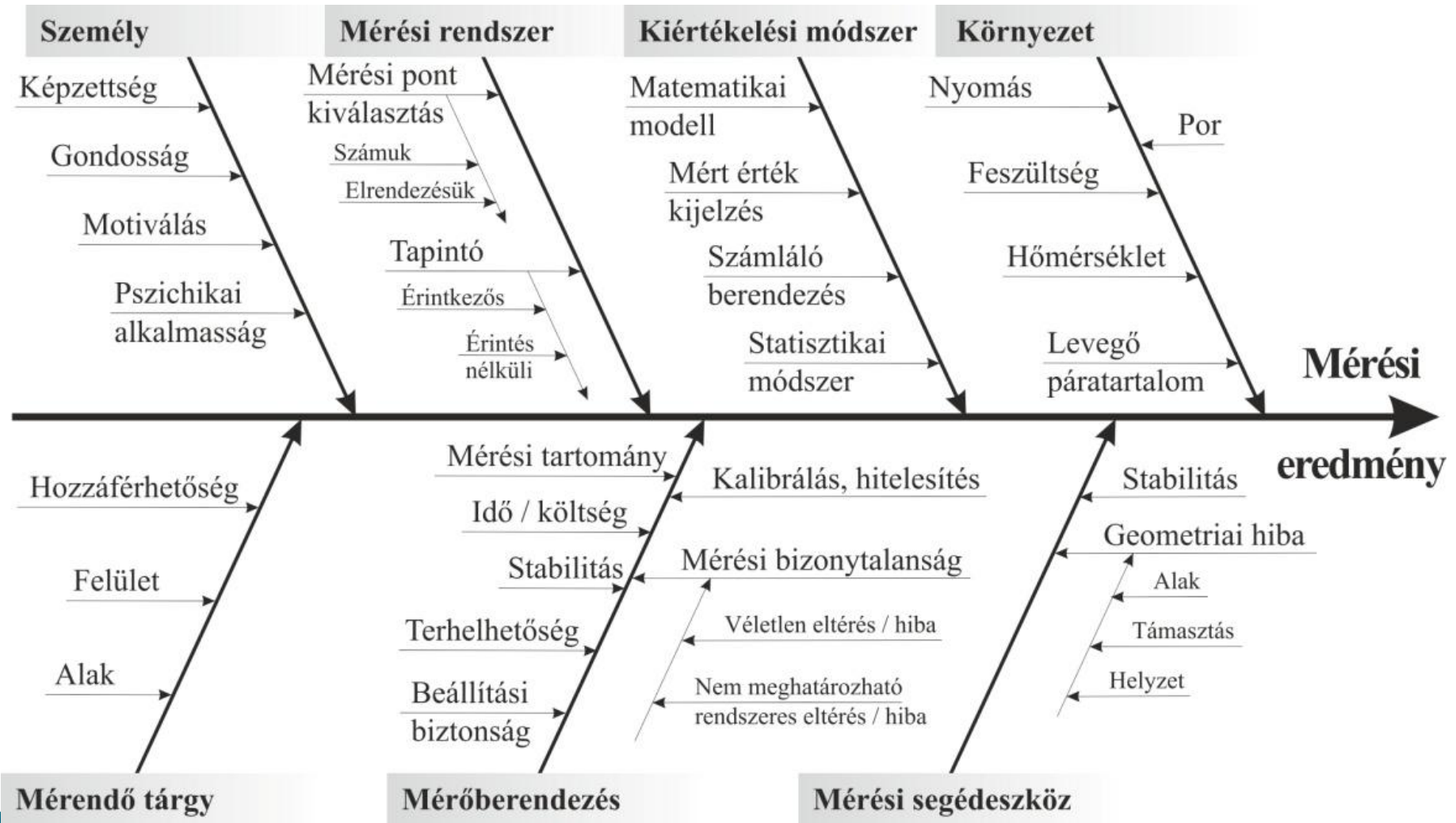
A hatványsor első érvényes tagját figyelembe véve: $h = s \cdot \alpha^1 + \dots$

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

A mérési bizonytalanság



A mérési eredmény bizonytalanságát befolyásoló tényezők

A mérési bizonytalanság

Azonos körülmények között végzett mérések eredményei kisebb-nagyobb mértékben eltérnek egymástól.

Kérdés, hogy **melyiket lehet elfogadni?**

A mérési bizonytalanság az eredmény minőségére vonatkozó **számszerű jelzés**, **a mérési eredmény megbízhatóságát jellemzi**.

Enélkül az eredményeket nem lehet összehasonlítani sem egymással, sem a referencia értékkel (melyet szabvány vagy szerződés rögzít)

„A **mérési bizonytalanság** a mérés eredményéhez csatolt olyan paraméter, amely a mérendő mennyiségnek indokoltan tulajdonítható értékek szóródását jellemzi.”
Pl.: paraméter lehet a szórás vagy annak többszöröse

A mérési hiba és a mérési bizonytalanság nem azonos fogalom

A mérési bizonytalanság

A mérési bizonytalanság sokféle, pontosan nem ismert véletlen hatás következménye.

Értékének meghatározása ezeknek a mennyiségének a becslése.

Pontosan nem tudni, hogy mennyi a mérendő mennyiség valódi értéke, azt határozzuk meg csak, hogy

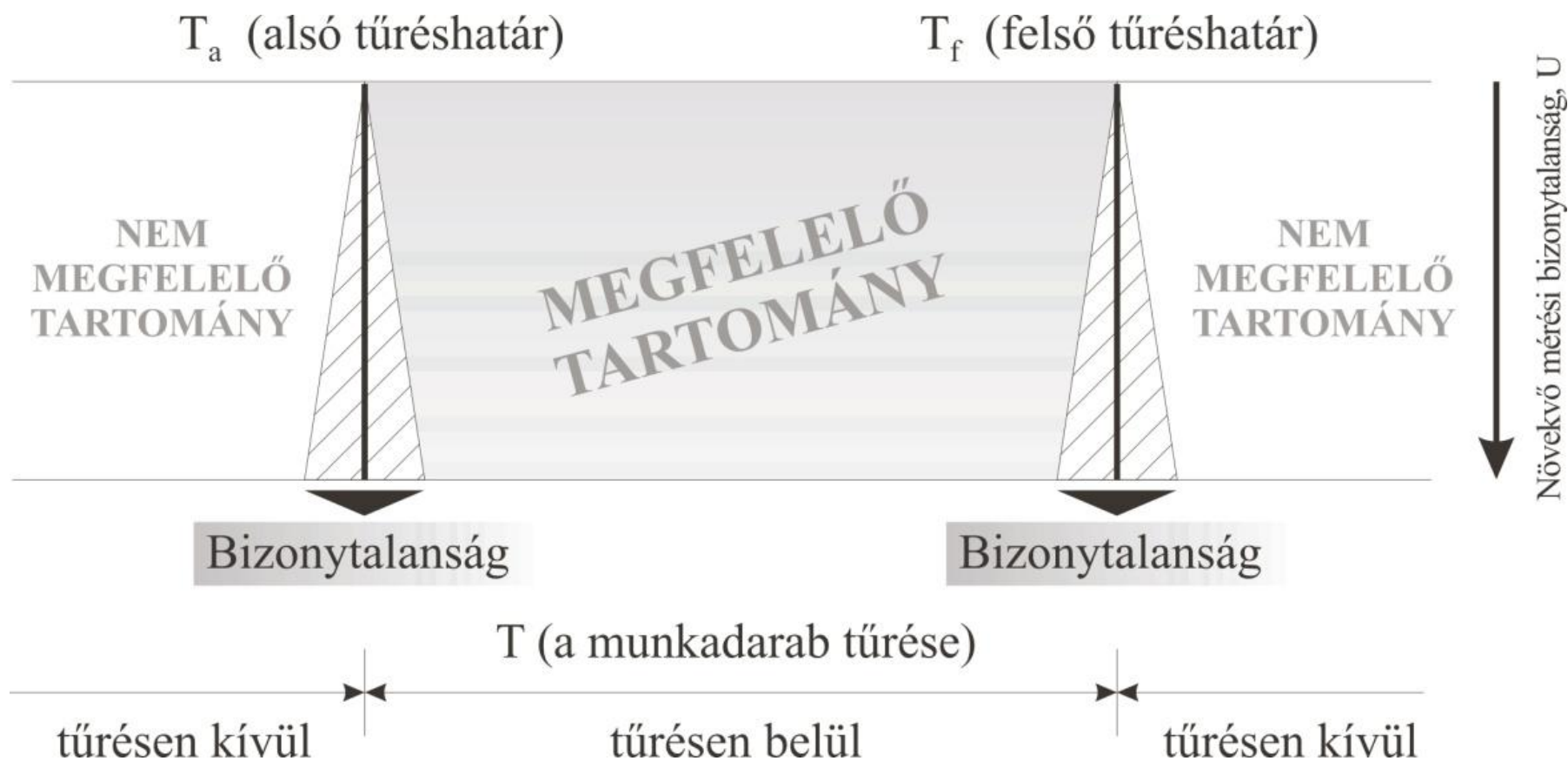
**adott valószínűséggel esik az
U bizonytalansági határokon belül.**

Megismételt mérésnél a mérendő mennyiséget jellemző legjobb becsült érték (helyes érték) az **átlag**, amely a rendszeres hibákat már nem tartalmazza.

U - a kiterjesztett mérési bizonytalanság.

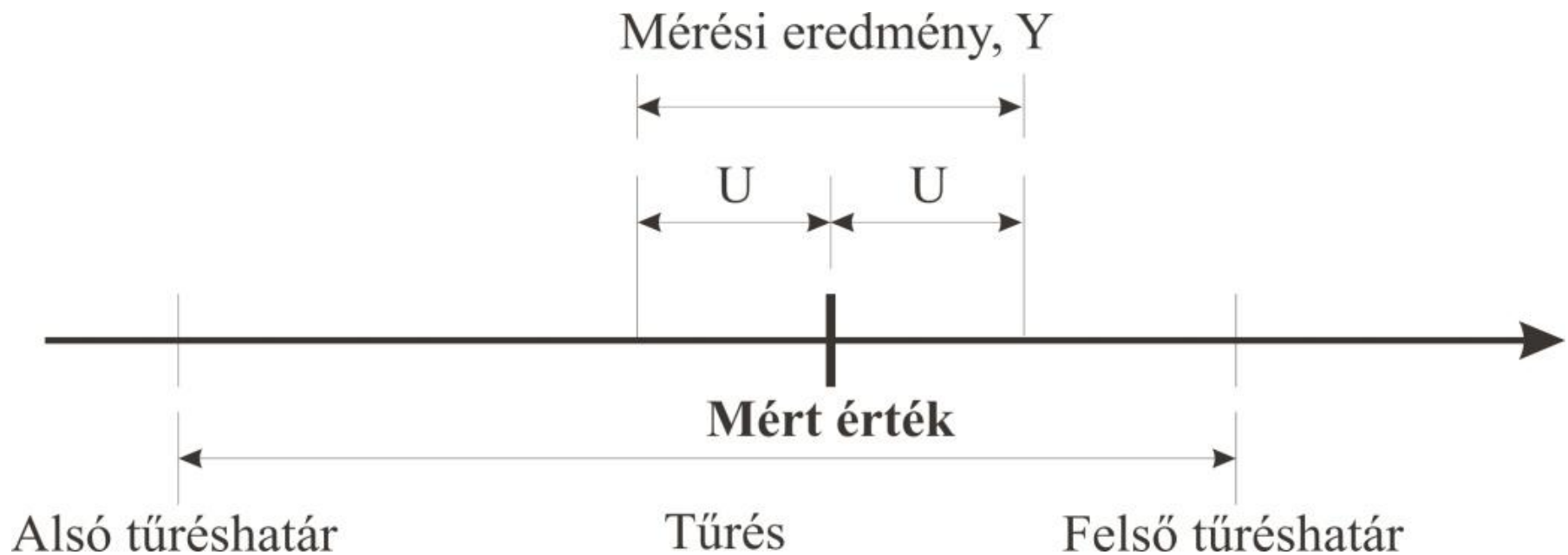
A mérési bizonytalanság

A mérési bizonytalanság hatása a tűréshatárokon



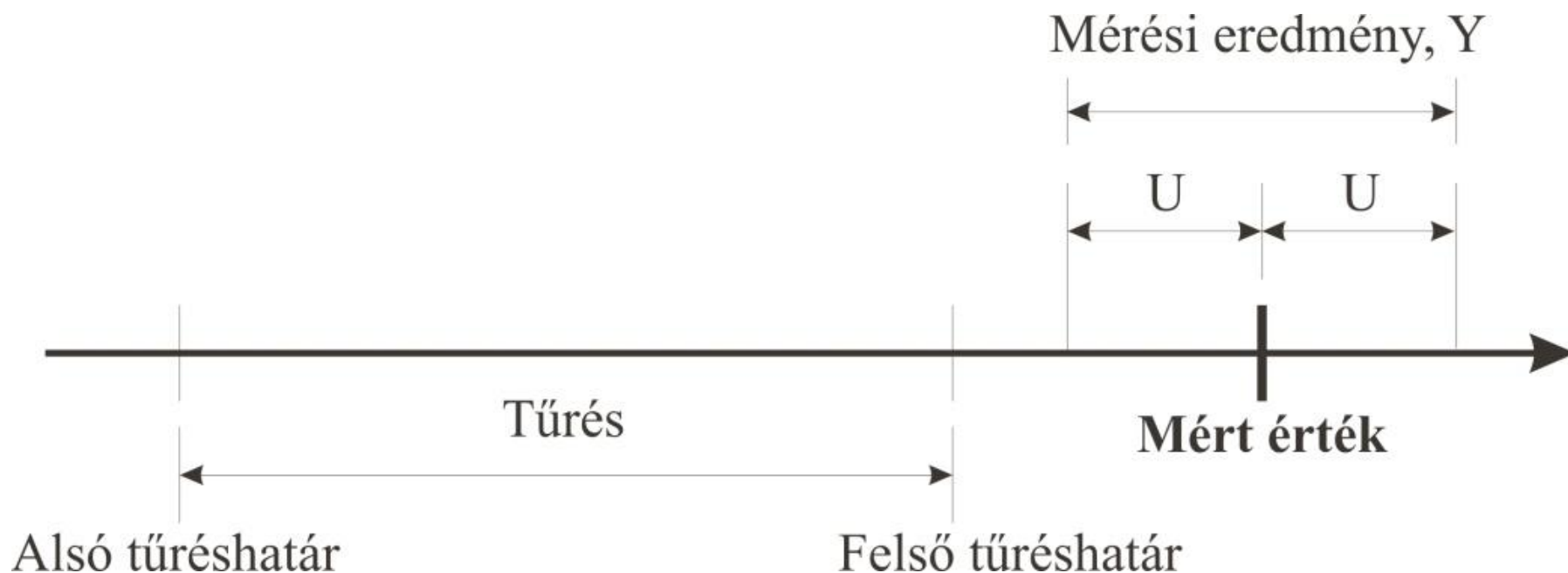
A mérési bizonytalanság

A mért érték a bizonytalansággal a tűréshatáron belül van



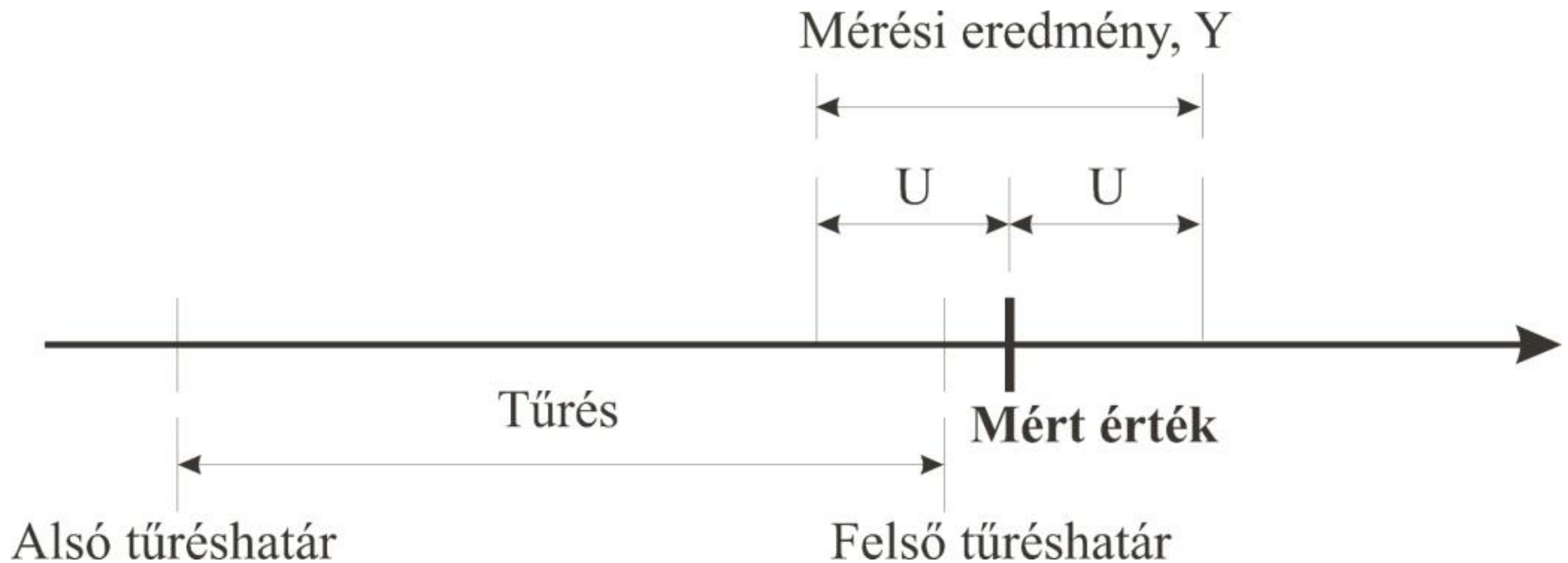
A mérési bizonytalanság

A mért érték a bizonytalansággal a tűréshatáron kívül van



A mérési bizonytalanság

A mért érték a tűréshatár közelében helyezkedik el



A mérési bizonytalanság meghatározása

GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) -

„Útmutató a mérési bizonytalanság kifejezéséhez”

Alapdokumentum, mely általános szabályokat ajánl a mérési bizonytalanság kifejezésére és értékelésére.

Széles körben alkalmazható, a kalibráló laboratóriumok, kutatások területén éppúgy használható, mint a legegyszerűbb méréseknél.

Jelölések:

n - a mérések száma

$u(x_A)_i$ - a standard mérési bizonytalanság értéke A módszerrel

$u(x_B)_i$ - a standard mérési bizonytalanság értéke B módszerrel

$u_c(y)$ - az eredő standard bizonytalanság

U - a kiterjesztett mérési bizonytalanság

k - kiterjesztési tényező

A mérési bizonytalanság meghatározása

1	Az ellenőrzési/mérési folyamat elemzése. A bizonytalansági összetevők megnevezése.	1, 2, 3,n
2	A standard mérési bizonytalanság meghatározása Az A és/vagy B módszerrel.	$u(x_A)_i$ $u(x_B)_i$
3	Az eredő standard bizonytalanság meghatározása	$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u(x_i)^2}$
4	A kiterjesztett mérési bizonytalanság meghatározása	$U = k \cdot u_c(y)$

A mérési bizonytalanság meghatározása

GUM ajánlás a bizonytalanságok meghatározásához:

A-típusú és B-típusú értékelés

„A”-típusú kiértékelés

a mérési sorozat statisztikai elemzésével történik

A standard bizonytalanság „a mérési eredmény bizonytalansága szórásként kifejezve”

Azonos feltételek mellett, azonos mintán végzett mérések eredményei egymástól különböznek és az átlag érték körül helyezkednek el. Feltételezve, hogy az eloszlás normális, a szórás az n számú mérési eredményből becsülhető Ezt nevezik standard bizonytalanságnak

A mérési bizonytalanság meghatározása

„B”-típusú kiértékelés

a bizonytalanság kiértékelésének az észlelési sorozatok statisztikai elemzésétől eltérő, **más módszere**

Megjegyzés:

A „B”-típusú összetevők jellemzésére szintén a becsült szórást $s(x_i)$, alkalmazzák, melynek egy ún.

„**érzékenységi együtthatóval**” megszorzott értéke a B-típusú standard bizonytalanság:

$$u(x_i) = c_i \cdot s(x_i), \text{ ahol } c_i \text{ az érzékenységi együttható}$$

Az **érzékenységi együttható** megmutatja, hogy az adott bemeneti mennyiség változására mennyire érzékenyen válaszol a kimeneti mennyiség.

A mérési bizonytalanság meghatározása

Az eredő standard bizonytalanság számítása

A standard bizonytalanságokból számítható négyzetes összegzéssel

Az **eredő standard bizonytalanság** a mérés eredményének standard bizonytalansága, ha ez az eredmény egy vagy több más mennyiség értékéből van előállítva

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u(x_i)^2}$$

A **kiterjesztett bizonytalanság**, a mérési eredmény környezetében olyan tartomány, amelyben feltehetően a mérendő mennyiségnek tulajdonítható értékek eloszlásának meghatározott része benne van
(pl. $k = 2$ kiterjesztési tényezővel 95%) **$U = k \cdot u_c(y)$**

Mérési eredmény megadás $Y = X \pm U$