



Budapest Főváros Kormányhivatala
Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály

RÖNTGEN NYALÁB HOMOGENITÁS VÁLTOZÁSA TÉRBE ÉS IDŐBE

Machula Gábor, Szögi Antal

*Budapest Főváros Kormányhivatala
Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály
Sugárfizikai és Kémiai Mérések Osztály*



- -Miért van szükség metrológiára?

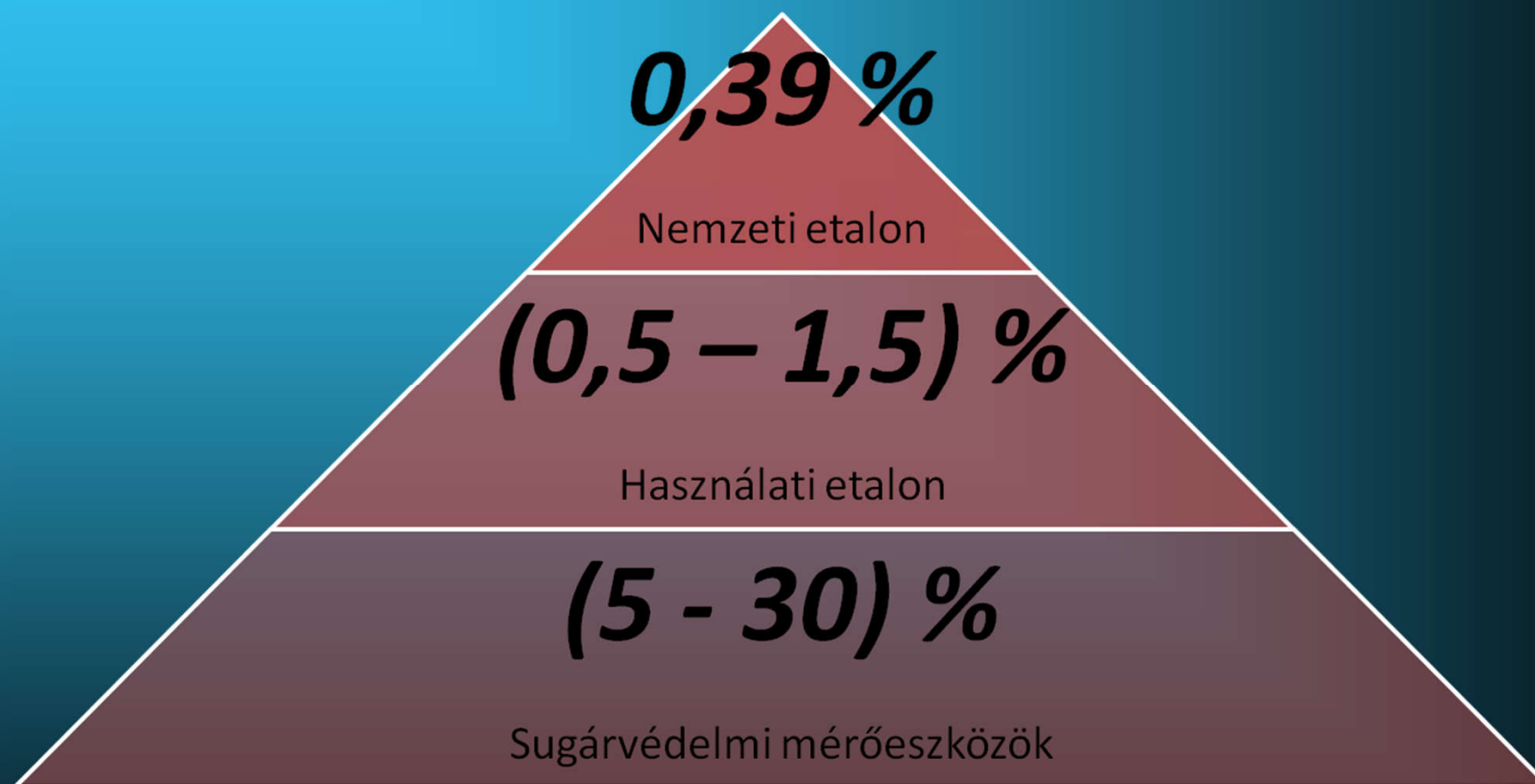
*„a mérések hazai és nemzetközi egységességének és pontosságának biztosítása”
(1991. évi XLV. törvény a mérésügyről)*

- -Pontosság, mérési bizonytalanság?

*Etalonok, referencia értékek bizonytalansága,
nemzetközi összehasonlító mérések*



Visszavezetettségi lánc - relatív standard mérési bizonytalanság





Emlékeztető:

- „A” típusú bizonytalanság: a bizonytalanságot az ismételt megfigyelésekkel szerzett információk(ún. posteriori ismeretek) statisztikai feldolgozásával határozzuk meg
- „B” típusú bizonytalanság: ide tartozik minden más módszer. Ezek közös sajátossága, hogy a korábban megszerzett információk (ú.n. A priori ismeretek) felhasználásával becsüljük meg a mérési bizonytalanságot



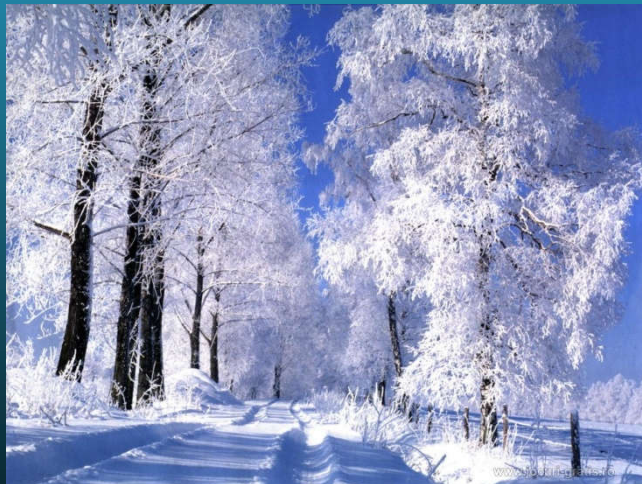
Budapest Főváros Kormányhivatala

Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály

- **CÉL:** bizonytalanság csökkentése primer etalonoknál
- **Következmény:** a visszavezetettségi láncon keresztül, annak minden elemén hatványozottan érvényesül a kisebb bizonytalanság

Problémafelvetés: 2012 január: a (0,1-0,2)% reprodukálhatóság helyett (0,4-0,5)%...
Ok: extrém alacsony légnedvesség!

kh korrekciós faktor: **0,9970**,
bizonytalansága: **0,03 %**; **???**



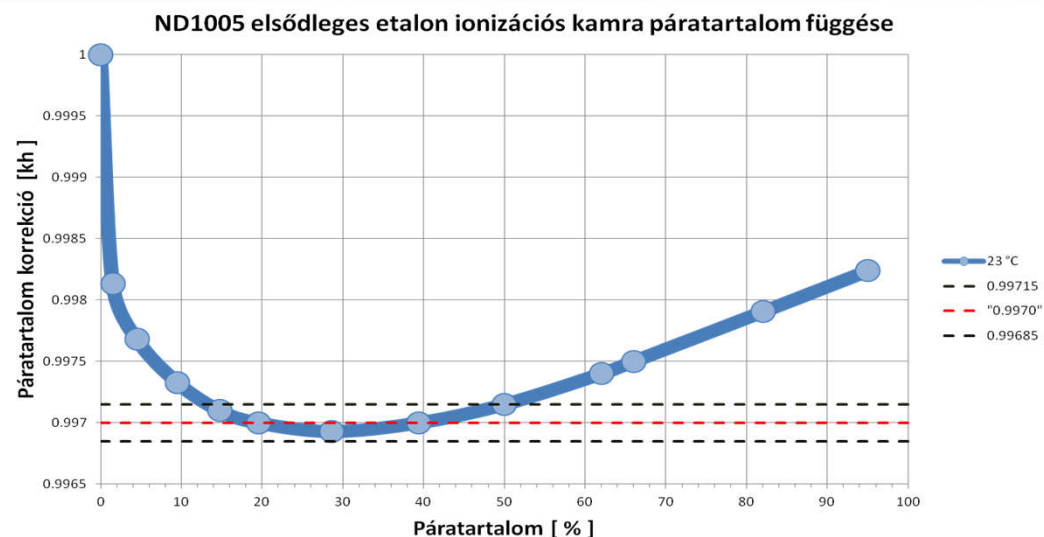
Nemzeti metrológiai intézetek	Relatív légnedvesség [%]
IAEA	50 ± 30
NIST	30 ± 10
AAPM	40 ± 30
BIPM, NPL	50 ± 20
NRC	40 ± 20



- CÉL: Mérési bizonytalanság csökkentése



2012 március: mérések, április: előadás
2013 március: CCRI(I) KRISS:
(2-3)% eltérés ionizációs kamráknál!





NYALÁBHOMOGENITÁS

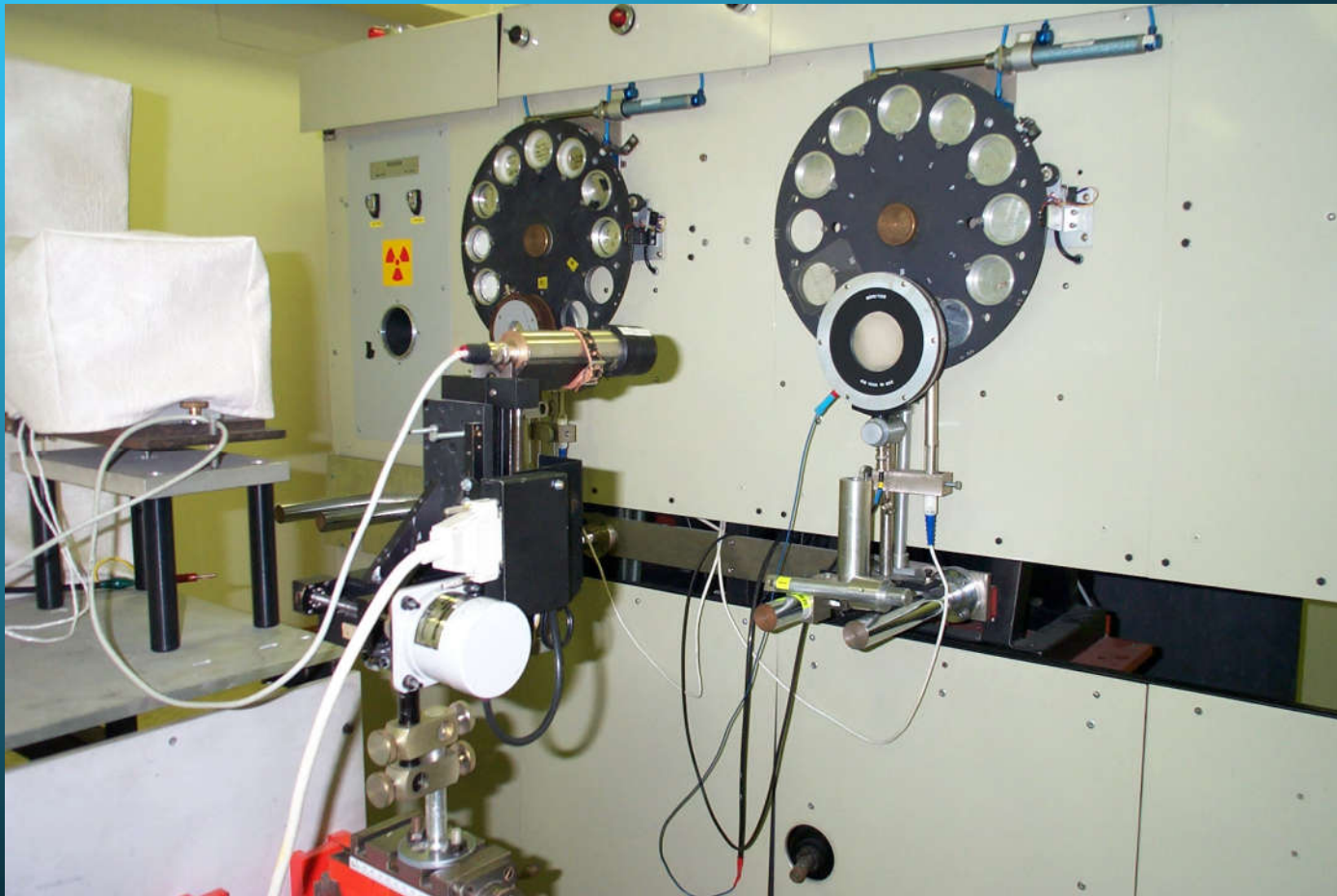
- *Időbeli változás:* röntgen berendezések terében, a feszültség és áram stabilitása
- *Megoldás:* Monitor kamra alkalmazása

$$I_{\text{etalon}} / I_{\text{monitor}}$$

- **Probléma:** Csak a teljes nyaláb (intenzitásának, fluxusának) változását lehet kiküszöbölni!



- ***Térbeli változás:*** mérések 2000/2001-ben

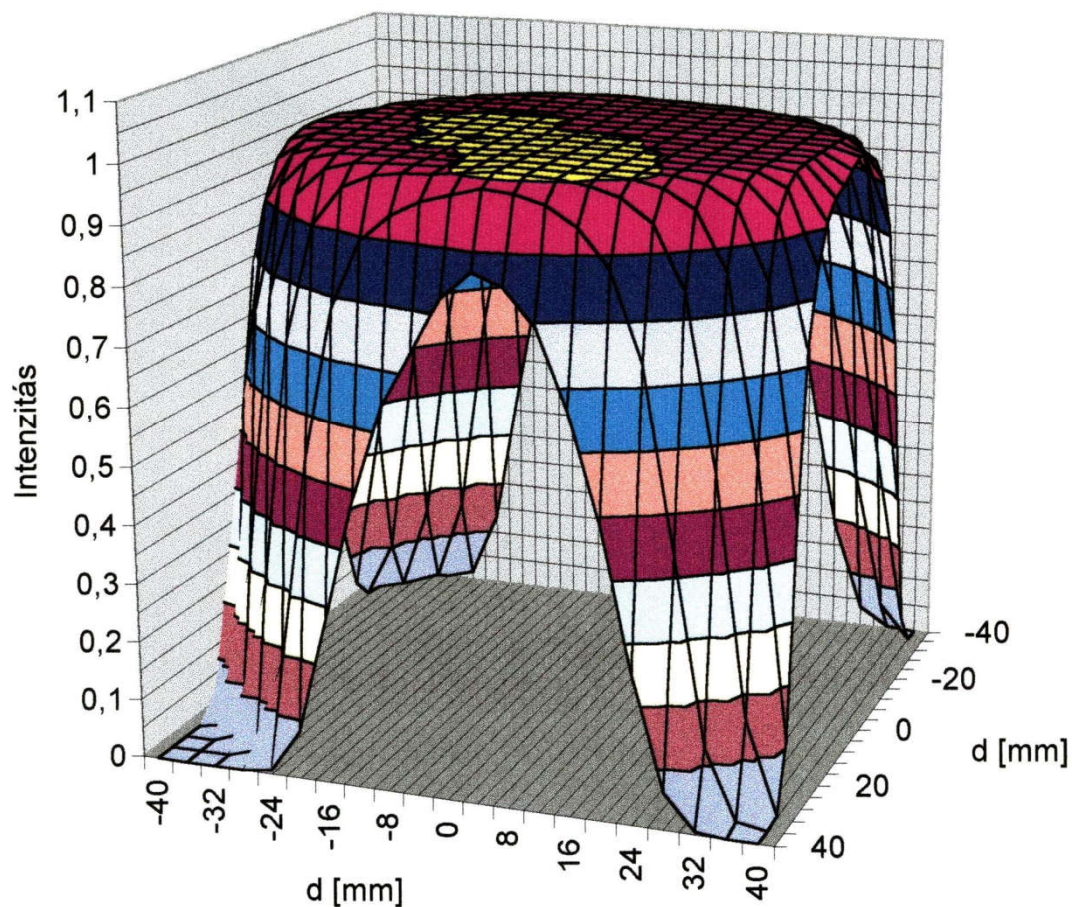




Budapest Főváros Kormányhivatala

Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály

MCN321 nyalábhomogenitás, ISO4037 40N, F.D.D.=0,700 m

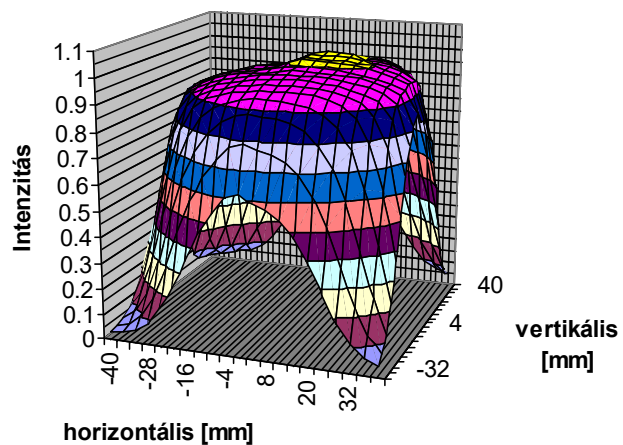




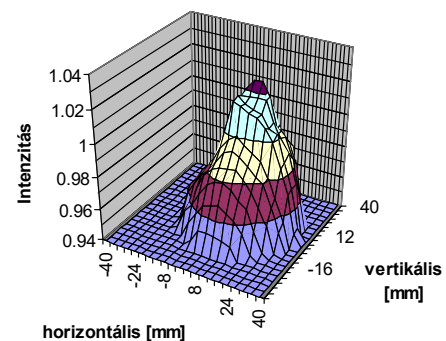
Budapest Főváros Kormányhivatala

Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály

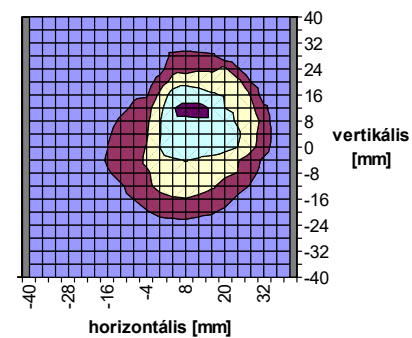
MCN321 nyalábhomogenitás, ISO4037 300N,
F.D.D.=0,700 m



MCN321 nyalábhomogenitás, ISO4037 300N,
F.D.D.=0,700 m



MCN321 nyalábhomogenitás, ISO4037 300N,
F.D.D.=0,700 m





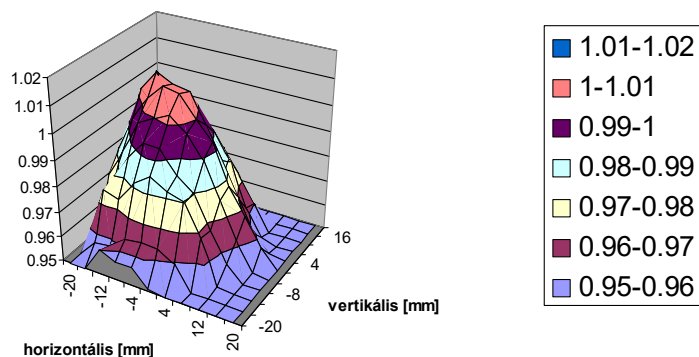
- Miért érdekes a térbeli homogenitás?



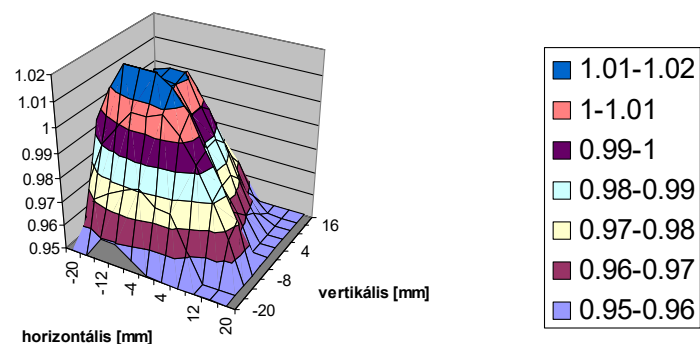


Időbeli változás

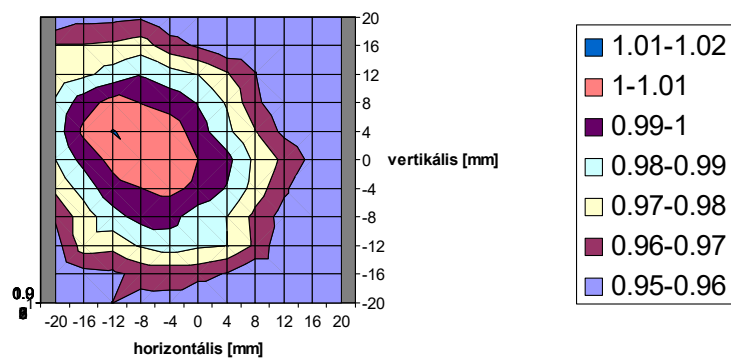
MCN321 nyalábhomogenitás, BIPM 25 kV, F.D.D.=0,600 m



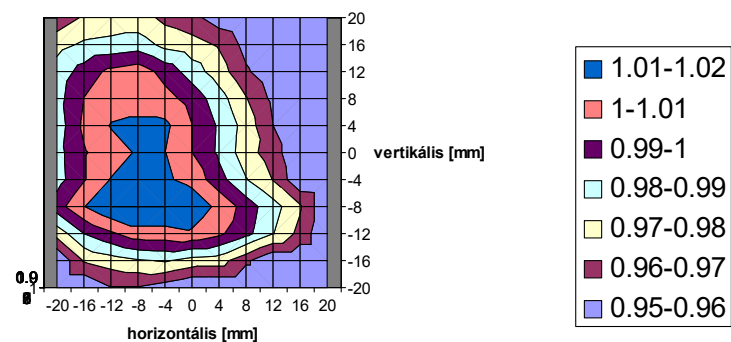
MCN321 nyalábhomogenitás, BIPM25kV, F.D.D=0,600 m, +1h
22min



MCN321 nyalábhomogenitás, BIPM 25 kV, F.D.D.=0,600 m



MCN321 nyalábhomogenitás, BIPM25kV, F.D.D=0,600 m, +1h
22min





2017. évi mérések

- **Koncepció:**

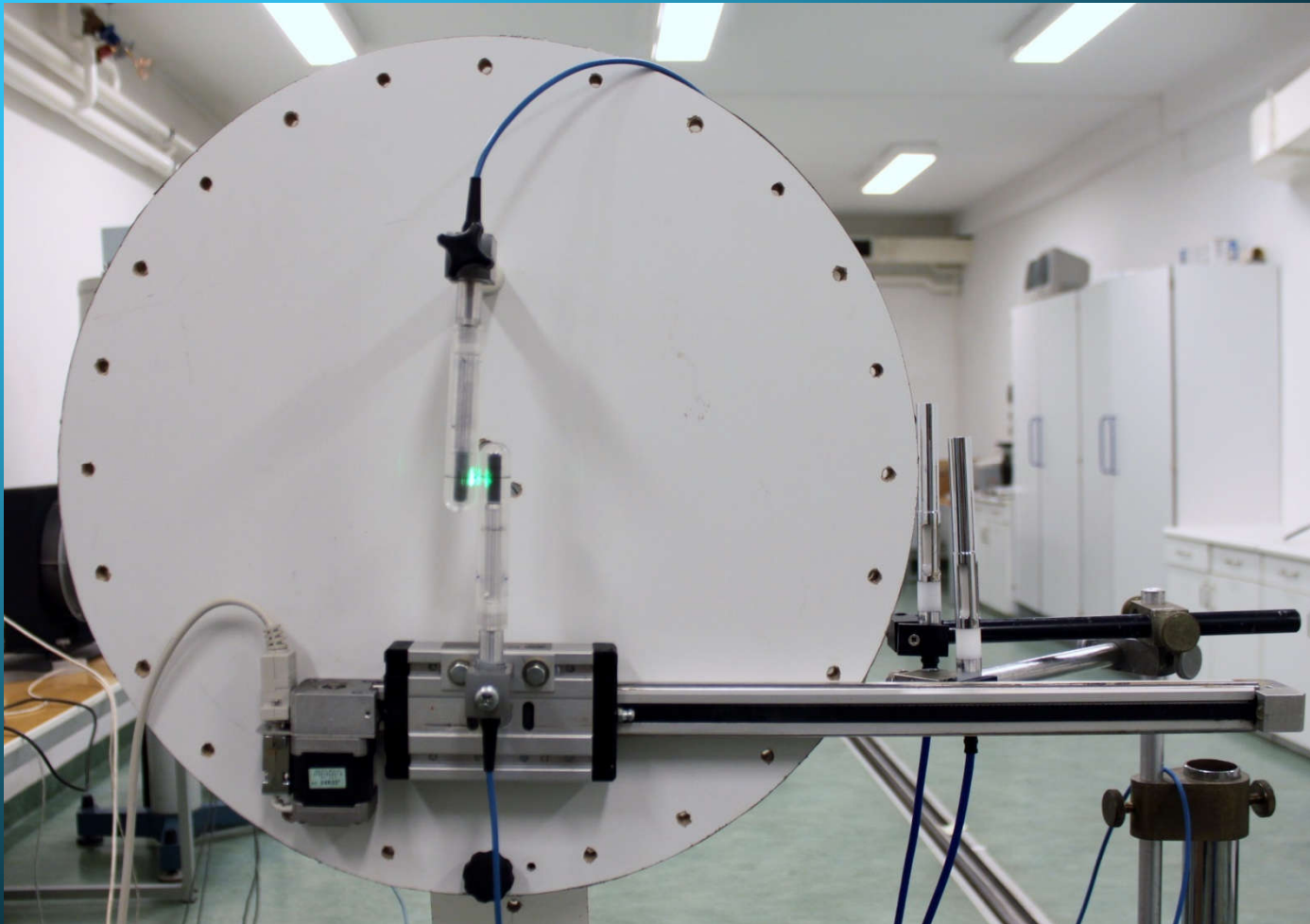
Mérések két egyforma „Farmer” típusú ionizációs kamrával, dual PAM árammérő rendszerrel

A referencia ionizációs kamra a sugárkúp középpontjában állandó pozícióban, a letapogató kamra a középponttól sugárirányban lineárisan programozottan mozgatva.

A kiértékelés a két kamra ionizációs áramának hányadosaként történik.



Budapest Főváros Kormányhivatala Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály



A megvalósított nyaláb homogenitást vizsgáló berendezés mechanikai felépítése



Budapest Főváros Kormányhivatala

Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály

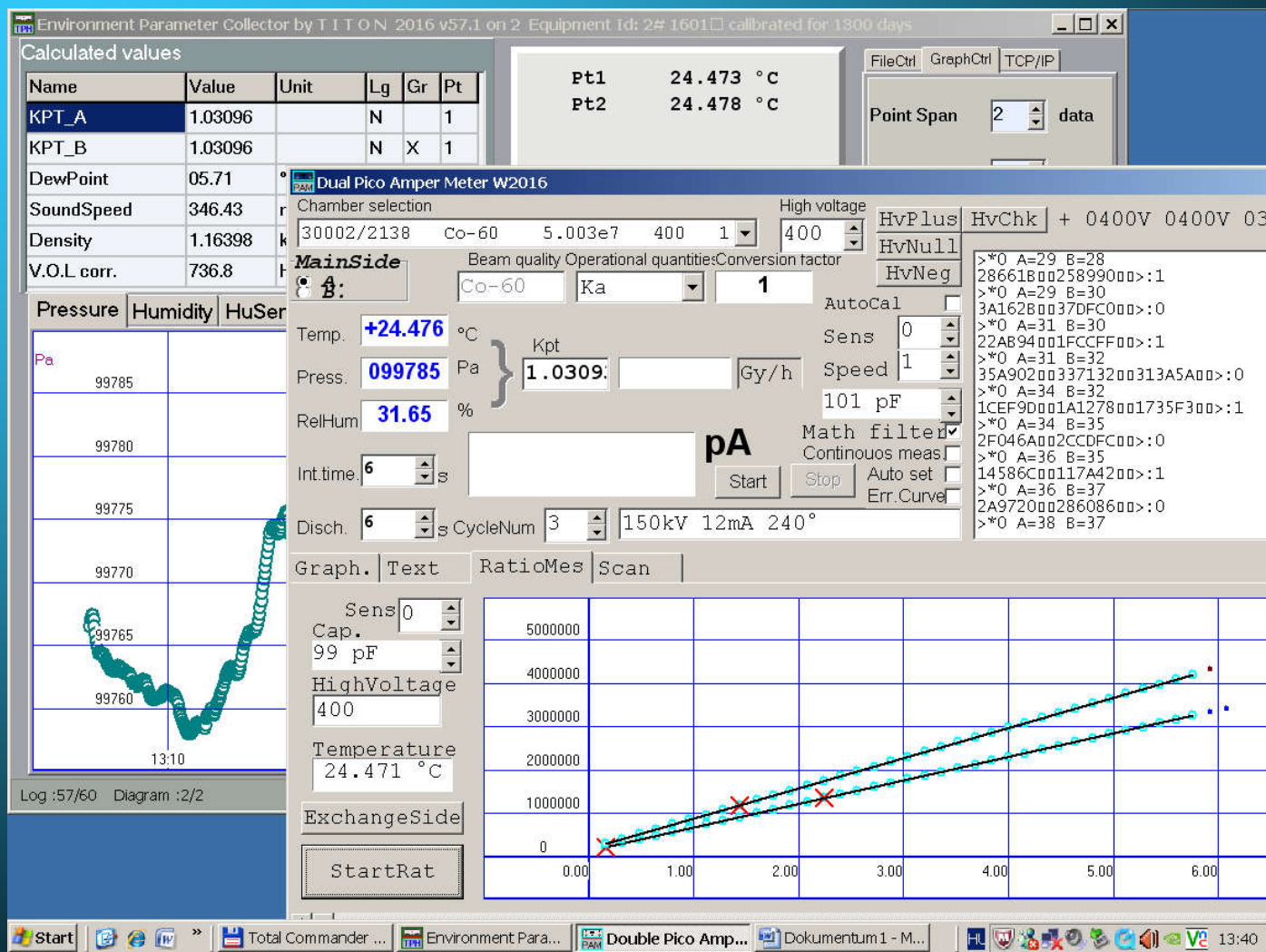


A kétcsatornás pA mérő valósította meg az ionizációs kamrák áramának 0,1fA felbontású egyidejű mérését. Programozottan biztosította az ionizációs kamrák működéséhez szükséges nagyfeszültség értékét, valamint a két ionizációs kamra ktp korrekciós tényezőjének folyamatos mérését és naplózását.



Budapest Főváros Kormányhivatala

Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály



Vezérlő és adatgyűjtő software



Budapest Főváros Kormányhivatala

Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály

3,775 mm és 15° lépésenként

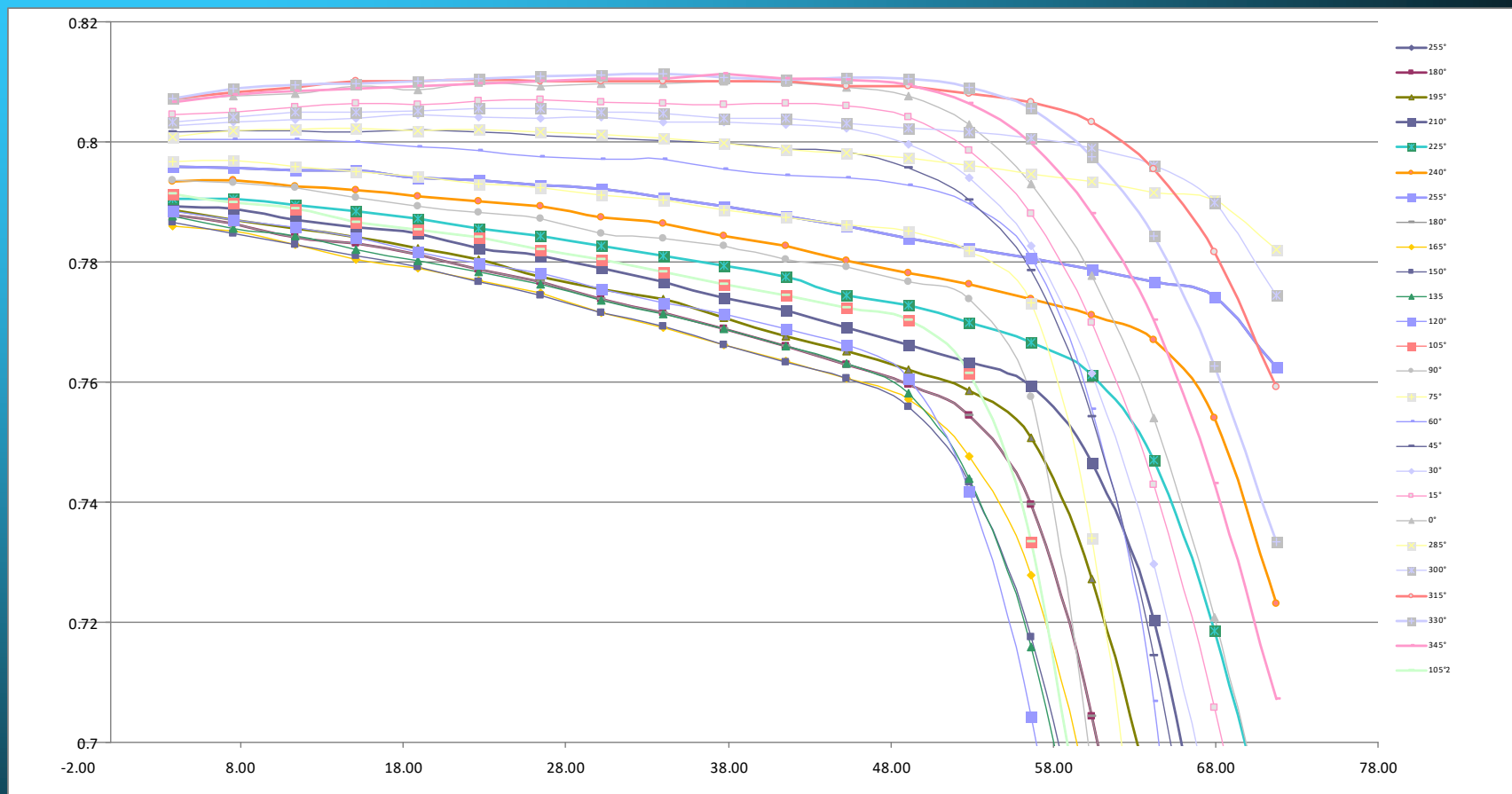
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345
0.000	0.8064 3	0.8039 2	0.8022 9	0.8016 2	0.8004 8	0.7972 5	0.7945 7	0.7929 7	0.7898 5	0.7895 7	0.7885 1	0.7880 4	0.7893 2	0.7901 2	0.7905 1	0.7913 5	0.7939 2	0.7960 6	0.7973 3	0.8003 8	0.8026 2	0.8063 1	0.8063 4	0.8058 2
3.775	0.8071 0	0.8046 5	0.8026 2	0.8016 5	0.8003 8	0.7966 4	0.7936 7	0.7914 3	0.7884 1	0.7877 5	0.7866 0	0.7860 9	0.7877 8	0.7886 3	0.7893 1	0.7905 2	0.7934 6	0.7958 1	0.7976 4	0.8008 5	0.8032 0	0.8072 3	0.8071 8	0.8065 6
7.550	0.8076 2	0.8048 5	0.8033 8	0.8019 4	0.8005 5	0.7968 1	0.7932 2	0.7899 0	0.7869 1	0.7855 7	0.7847 1	0.7851 7	0.7863 5	0.7870 1	0.7888 8	0.7904 4	0.7935 9	0.7955 7	0.7979 9	0.8018 5	0.8041 2	0.8082 5	0.8089 7	0.8078 0
11.32	0.8079 5	0.8058 5	0.8036 5	0.8018 5	0.8004 5	0.7958 5	0.7923 3	0.7887 1	0.7856 6	0.7843 8	0.7829 1	0.7829 2	0.7842 6	0.7856 0	0.7870 1	0.7894 6	0.7926 5	0.7952 5	0.7982 4	0.8020 3	0.8050 9	0.8091 4	0.8094 2	0.8085 9
15.10	0.8091 0	0.8063 9	0.8039 6	0.8017 5	0.7999 5	0.7950 8	0.7908 1	0.7866 1	0.7841 5	0.7820 4	0.7811 8	0.7803 3	0.7831 6	0.7840 3	0.7858 2	0.7883 2	0.7919 8	0.7953 0	0.7984 4	0.8023 6	0.8050 0	0.8101 2	0.8097 6	0.8089 6
18.87	0.8086 5	0.8062 5	0.8045 8	0.8019 3	0.7991 8	0.7943 5	0.7893 0	0.7854 5	0.7816 3	0.7802 3	0.7791 6	0.7788 8	0.7813 8	0.7822 1	0.7846 9	0.7872 9	0.7908 9	0.7941 8	0.7981 0	0.8019 8	0.8052 3	0.8100 2	0.8100 6	0.8093 6
22.65	0.8099 0	0.8067 8	0.8041 7	0.8017 6	0.7985 2	0.7930 9	0.7882 5	0.7840 8	0.7797 9	0.7783 0	0.7767 3	0.7768 3	0.7787 7	0.7804 5	0.7823 0	0.7855 1	0.7901 3	0.7936 3	0.7984 6	0.8019 1	0.8054 9	0.8104 9	0.8105 0	0.8097 1
26.42	0.8093 5	0.8069 6	0.8039 9	0.8011 4	0.7976 0	0.7924 2	0.7873 2	0.7820 1	0.7781 6	0.7763 4	0.7743 8	0.7747 4	0.7768 5	0.7775 0	0.7809 8	0.7844 0	0.7892 2	0.7927 2	0.7977 8	0.8017 7	0.8054 4	0.8100 9	0.8109 8	0.8101 1
30.20	0.8096 0	0.8065 7	0.8041 4	0.8006 4	0.7970 7	0.7911 2	0.7847 2	0.7805 8	0.7754 2	0.7736 7	0.7715 5	0.7715 3	0.7738 8	0.7754 0	0.7788 3	0.7827 7	0.7874 8	0.7922 8	0.7970 1	0.8011 1	0.8049 5	0.8100 0	0.8110 7	0.8104 4
33.97	0.8096 5	0.8064 3	0.8034 0	0.8002 7	0.7972 0	0.7902 1	0.7839 6	0.7783 2	0.7732 5	0.7714 7	0.7693 1	0.7690 7	0.7715 6	0.7737 7	0.7767 3	0.7810 1	0.7862 8	0.7906 9	0.7959 3	0.8006 8	0.8046 9	0.8101 9	0.8113 9	0.8104 9
37.75	0.8101 0	0.8062 7	0.8032 6	0.7997 1	0.7954 3	0.7885 8	0.7826 6	0.7763 1	0.7713 1	0.7687 1	0.7662 7	0.7662 7	0.7688 8	0.7708 6	0.7740 2	0.7794 2	0.7844 2	0.7893 3	0.7951 2	0.7997 4	0.8039 8	0.8100 6	0.8106 0	0.8113 8
41.52	0.8098 5	0.8063 4	0.8029 7	0.7988 0	0.7944 3	0.7873 8	0.7803 2	0.7744 8	0.7689 8	0.7660 0	0.7632 3	0.7635 3	0.7660 4	0.7676 2	0.7720 4	0.7775 1	0.7827 6	0.7877 0	0.7937 0	0.7986 7	0.8038 9	0.8101 3	0.8103 8	0.8105 3
45.30	0.8090 0	0.8059 4	0.8023 3	0.7983 3	0.7940 8	0.7862 1	0.7792 1	0.7723 2	0.7662 9	0.7631 3	0.7606 5	0.7605 6	0.7628 4	0.7652 6	0.7690 4	0.7745 2	0.7802 1	0.7859 2	0.7925 1	0.7981 2	0.8031 5	0.8092 3	0.8107 1	0.8103 1
49.07	0.8075 5	0.8042 3	0.7995 1	0.7956 5	0.7927 3	0.7851 3	0.7767 6	0.7702 5	0.7605 7	0.7580 4	0.7559 7	0.7571 6	0.7595 0	0.7620 0	0.7661 7	0.7727 6	0.7781 0	0.7840 9	0.7916 1	0.7974 2	0.8022 0	0.8092 6	0.8105 2	0.8095 4
52.85	0.8028 0	0.7986 9	0.7939 8	0.7902 8	0.7897 4	0.7819 2	0.7737 7	0.7615 7	0.7419 5	0.7439 5	0.7432 6	0.7476 6	0.7544 4	0.7585 1	0.7633 4	0.7698 3	0.7763 6	0.7822 8	0.7895 9	0.7960 8	0.8016 7	0.8079 7	0.8091 7	0.8063 1
56.62	0.7930 5	0.7881 3	0.7826 2	0.7785 4	0.7807 9	0.7731 5	0.7575 7	0.7334 5	0.7042 8	0.7159 9	0.7176 2	0.7278 2	0.7396 9	0.7507 4	0.7593 4	0.7665 3	0.7738 7	0.7805 0	0.7881 2	0.7946 0	0.8006 4	0.8066 6	0.8056 5	0.7997 5
60.40	0.7777 0	0.7700 4	0.7613 0	0.7542 5	0.7554 7	0.7340 4	0.6949 9	0.6705 5	0.6419 6	0.6675 6	0.6731 0	0.6874 5	0.7042 4	0.7271 3	0.7466 9	0.7611 5	0.7710 9	0.7787 8	0.7867 5	0.7934 4	0.7988 9	0.8032 9	0.7974 6	0.7881 4
64.17	0.7540 5	0.7429 9	0.7297 8	0.7144 3	0.7067 5	0.6542 5	0.5970 3	0.5780 1	0.5542 0	0.5953 5	0.6015 2	0.6215 8	0.6481 4	0.6861 3	0.7203 2	0.7469 4	0.7669 4	0.7766 7	0.7850 7	0.7915 5	0.7960 6	0.7954 1	0.7843 6	0.7702 5
67.95	0.7207 0	0.7056 2	0.6845 8	0.6575 7	0.6053 6	0.5499 8	0.5067 4	0.4827 4	0.4780 8	0.4752 1	0.4824 3	0.5129 4	0.5635 8	0.6191 1	0.6722 9	0.7186 1	0.7539 2	0.7742 8	0.7831 6	0.7902 0	0.7899 3	0.7816 3	0.7627 6	0.7431 4

A táblázatban szereplő adatok pontonként 3 integrált mérés átlagából származnak. Sugárirányban 24 mérési sorozatból állt, amelyet az alábbi grafikon ábrázol:



Budapest Főváros Kormányhivatala

Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály

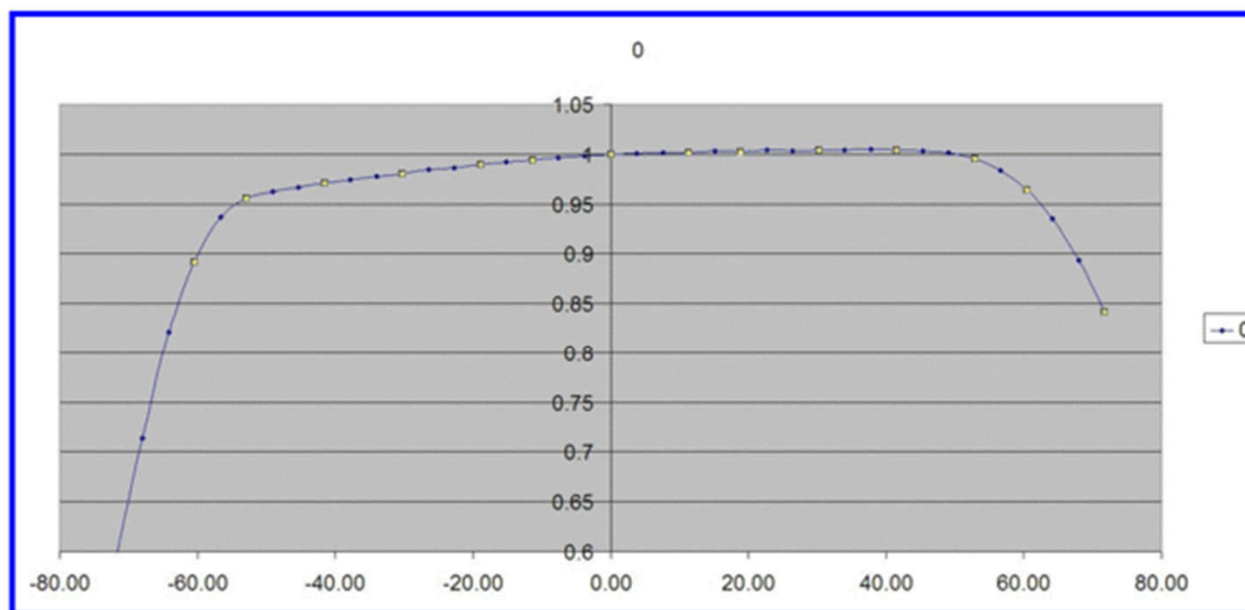


Y-tengely: ionizációs áramok hányadosa
X-tengely: a középponttól való távolság [mm]



Budapest Főváros Kormányhivatala

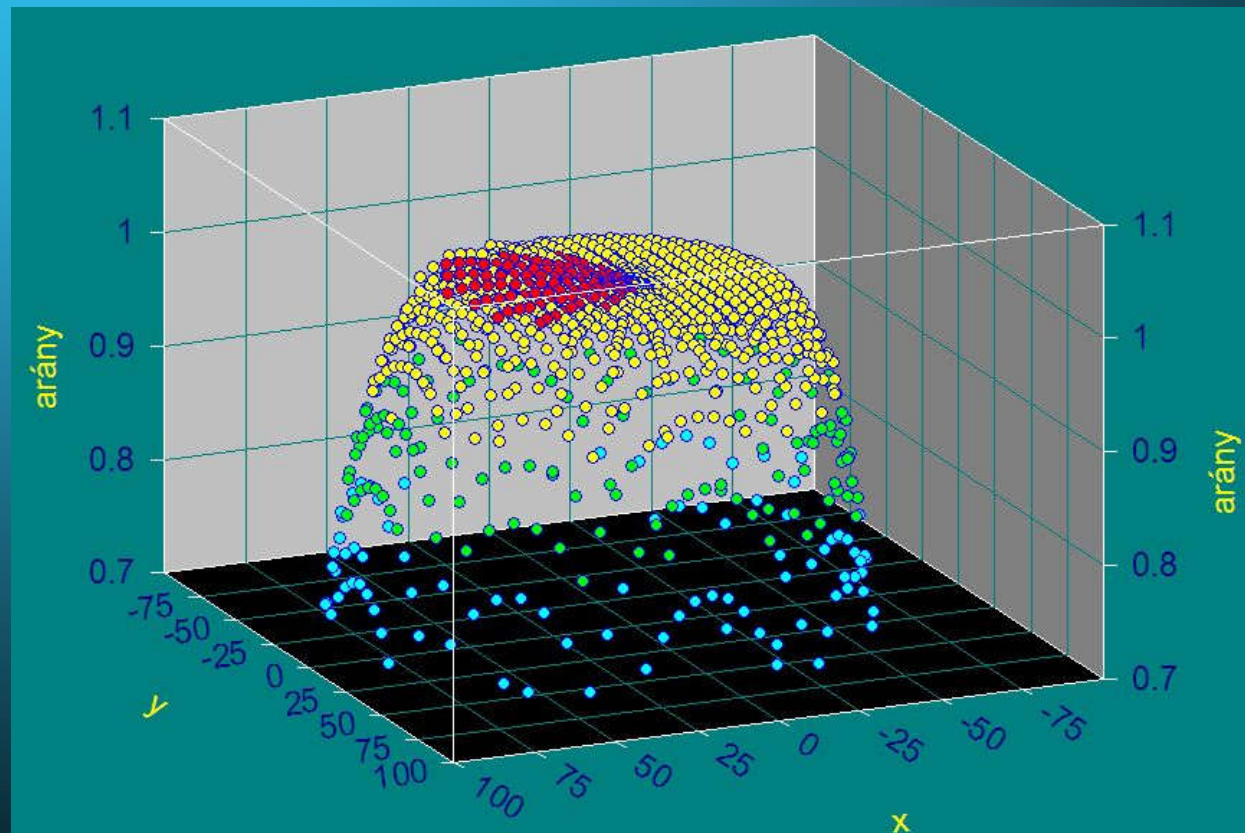
Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály



A feldolgozott nyalábprofilok a szögelfordulás függvényében.



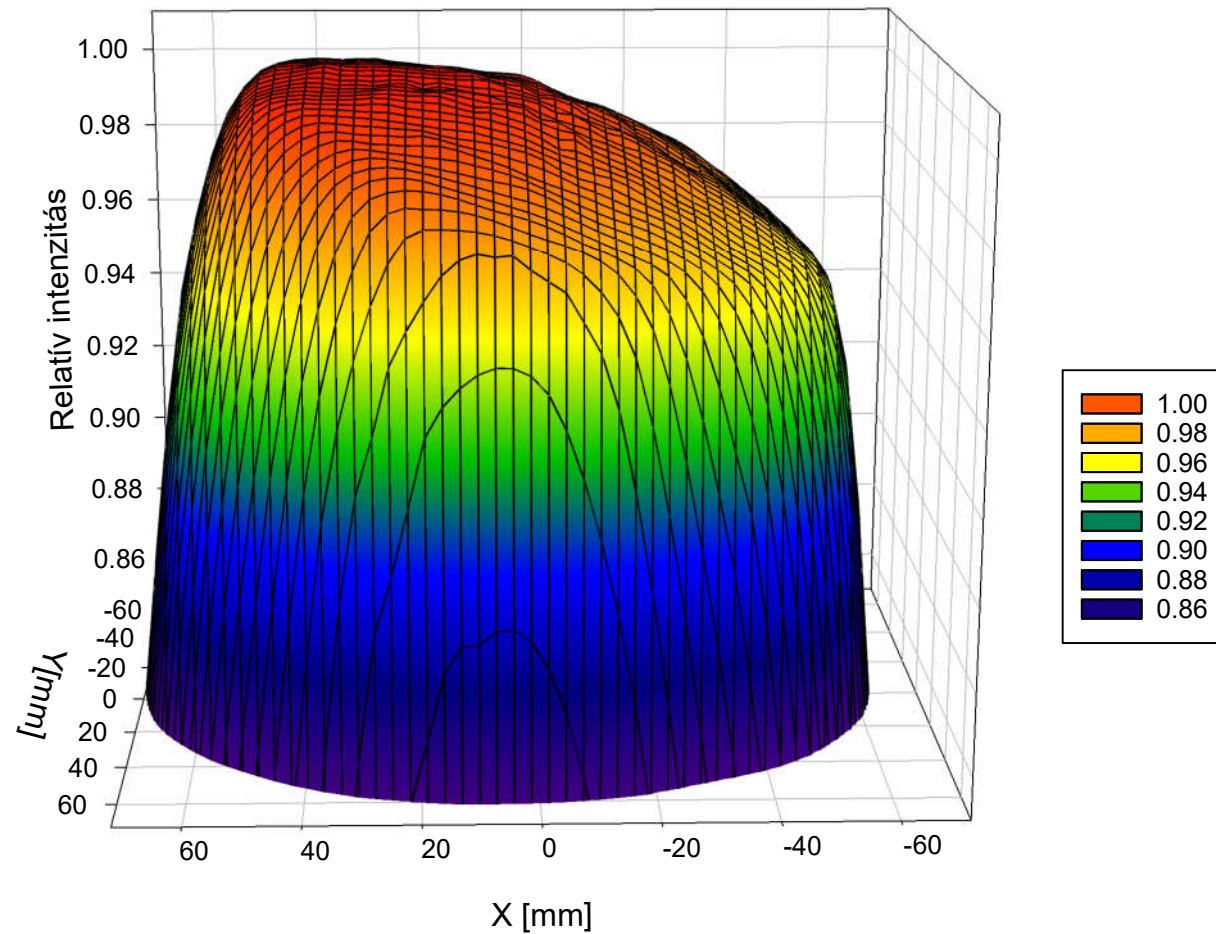
- Térbeli ábrázolás



A mérés kiértékelése TableCurve 3D adatelemző és grafikus software segítségével



Röntgen DPAm17 eloszlás mérés



A mérés kiértékelése SigmaPlot 13.0 adatelemző és grafikus software segítségével



Megállapítások:

- Mérési eredmények kiértékelése alapján a röntgen cső horizontális irány korrekciójának elvégzése szükséges
- A fluoreszcens ernyővel történő nyaláb ellenőrzés esetén a $\pm 1,5\%$ -os eltérés nem észlelhető
- Méréseket többször megismételve, a hosszú idejű (napokig tartó) stabilitás 99,9%-nál nagyobbak adódott a két azonos ionkamrával történt hányados mérés alapján



Megállapítások:

- A két ionizációs kamrával történt egyidejű mérés pontosabb, nagyobb felbontású képet adott a nyaláb homogenitásáról, mint a félvezető detektoros mérés.
- Az etalonok leszármaztatása a mérések eredményének figyelembe vétele után pontosabban, kisebb mérési bizonytalansággal végezhető el.



**Köszönöm a megtisztelő
figyelmüket!**