



Centre for Energy Research,  
Hungarian Academy of Sciences

---

# A PAKSI KÜLSŐ DOZIMETRIAI RENDSZER

Jánosy János Sebestyén

[Janos.S.Janosy@energia.mta.hu](mailto:Janos.S.Janosy@energia.mta.hu)



## Az AEKI-ben 1998-ban használt számítógépek I.

A Paksi Atomerőmű teljesléptékű szimulátorának **valós időben** kellett a modelleket futtatnia. Nagyon fontos volt a nagy számolási teljesítmény („number crunching”)

Az elérhető számítógépeken három tesztet futtattam:

1. **Whetstone** teszt – lebegőpontos és integer műveletek, elágazások, stb. Főleg üzleti, ipari, irodai alkalmazásoknak felel meg. Eredmények: MWhet/mp, szimpla- és dupla pontosan.



## Az AEKI-ben 1998-ban használt számítógépek II.

2. **Linpack** teszt – felvett 600x600-as mátrix háromszög mátrixra faktorizálva, majd Gauss eliminációs módszerrel invertálva. Memória és aritmetika sebességének együttes tesztje. Eredmény: MFlop/mp, szimpla- és duplapontosan.

3. **Flop** teszt – saját készítés, szimpla és duplapontosan összeadás és kivonás (S+ és D+) illetve szorzás és osztás (S\* és D\*) műveleteket végez, kevés adattal, melyek mind regiszterekbe kerülhetnek. Csak az aritmetika tesztje, eredmény MFlop/mp, szimpla- és duplapontosan.



# Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences

<b>1998:</b> Test Mflops	Ws	Wd	Ls	Ld	S+	S*	D+	D*	Rel. [-]
<b>mVAX II (SZL)</b>	.907	.697	.172	<b>.125</b>	.340	.260	.230	.140	<b>0.015</b>
<b>VAX 3400 (AEKI)</b>	2.91	1.89	.660	<b>.410</b>	1.27	.830	.730	.450	<b>0.051</b>
<b>VAX 3100 /80 (VE12)</b>	11.4	7.69	2.45	<b>1.40</b>	4.24	3.15	3.37	2.06	<b>0.173</b>
<b>486/50 MHz (PC/AT)</b>	14.1	12.9	2.15	<b>1.81</b>	3.15	1.52	2.68	1.36	<b>0.224</b>
<b>486/100 MHz (PC/AT)</b>	31.2	26.3	4.29	<b>3.43</b>	6.29	3.03	5.34	2.72	<b>0.425</b>
<b>SunSparc (sunserv)</b>	59.0	64.8	8.45	<b>6.86</b>	23.0	12.7	23.0	9.88	<b>0.849</b>
<b>Pentium S 166 MHz</b>	91.4	90.9	13.7	<b>8.08</b>	31.2	11.3	18.2	8.64	<b>1.00</b>
<b>I860 RISC (Transputer in PC)</b>	34.5	27.5	11.0	<b>8.80</b>	23.2	5.88	23.3	3.44	<b>1.09</b>
<b>Sun 10 (aekisun)</b>	93.5	52.0	14.9	<b>9.82</b>	25.1	13.8	25.1	10.6	<b>1.22</b>
<b>Sil.Gr. Indigo Indy 2 Iris 5.3</b>	64.0	58.0	21.1	<b>12.5</b>	33.2	9.09	33.2	5.70	<b>1.55</b>



# Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences

<b>1998:</b> Test Mflops	Ws	Wd	Ls	Ld	S+	S*	D+	D*	Rel. [-]
<b>DEC3000/300x*</b> 175MHz 128k c.	230	211	37.1	<b>14.0</b>	95.2	23.5	88.5	13.7	<b>1.73</b>
<b>Sil.Gr. R4400</b> (Onyx)	48.0	53.0	22.4	<b>16.5</b>	50.0	15.7	42.9	10.8	<b>2.04</b>
<b>IBM6000 /560</b> (agnes)	41.2	57.6	24.6	<b>22.2</b>	22.3	6.09	89.3	7.00	<b>2.74</b>
<b>IBM6000 /580</b> (para ELTE)	51.7	73.6	30.3	<b>28.0</b>	28.2	7.66	51.3	8.62	<b>3.47</b>
<b>DEC2100/150*</b> 150M Hz 512k c.	200	156	62.0	<b>31.0</b>	76.3	18.9	75.8	11.0	<b>3.84</b>
<b>IBM6000 /390</b> (richi3 ELTE)	67.8	94.2	44.3	<b>32.5</b>	31.8	9.03	55.9	10.1	<b>4.02</b>
<b>DEC 2000/4/275**</b> 275MHz 4Mb c.	183.5	228.3	75.6	<b>45.5</b>	91.2	31.8	91.2	24.6	<b>5.63</b>
<b>IBM6000 /590</b> (rozi 64 MByte)	67.3	95.2	55.1	<b>46.6</b>	31.6	8.98	55.5	10.4	<b>5.77</b>
<b>IBM6000 /590</b> (richil ELTE)	67.2	93.9	47.8	<b>51.9</b>	31.7	8.98	55.3	10.1	<b>6.42</b>
<b>DEC2100/4/200*</b> 200MHz 2Mb c.	274	220	86.5	<b>60.0</b>	104	25.9	104	15.1	<b>7.43</b>



# Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences

<b>1998:</b> Test Mflops	Ws	Wd	Ls	Ld	S+	S*	D+	D*	Rel. [-]
<b>IBM6000 /390 (richi3 ELTE)</b>	67.8	94.2	44.3	<b>32.5</b>	31.8	9.03	55.9	10.1	<b>4.02</b>
<b>DEC 2000/4/275** 275MHz 4Mb c.</b>	183.5	228.3	75.6	<b>45.5</b>	91.2	31.8	91.2	24.6	<b>5.63</b>
<b>IBM6000 /590 (rozi 64 MByte)</b>	67.3	95.2	55.1	<b>46.6</b>	31.6	8.98	55.5	10.4	<b>5.77</b>
<b>IBM6000 /590 (richi1 ELTE)</b>	67.2	93.9	47.8	<b>51.9</b>	31.7	8.98	55.3	10.1	<b>6.42</b>
<b>DEC2100/4/200* 200MHz 2Mb c.</b>	274	220	86.5	<b>60.0</b>	104	25.9	104	15.1	<b>7.43</b>
<b>350/100 MHz Pentium II</b>	43.6	260	129	<b>61.2</b>	130	19.2	125	20.4	<b>7.57</b>
<b>Origin2000 R10000 175 MHz 1Mb c.</b>	380	326	86.6	<b>63.6</b>	167	39.7	167	27.2	<b>7.87</b>
<b>Origin2000 R10000 195 MHz 2Mb c.</b>	420	371	101	<b>75.8</b>	181	42.7	181	29.6	<b>9.38</b>
<b>Sil.Gr. R8000 (Pow. Ch.) 4Mb. c.</b>	81.9	77.04	79.0	<b>79.0</b>	45.3	13.8	45.3	10.4	<b>9.77</b>
<b>Onyx2 R10000*** 195 MHz 4Mb c.</b>	420	371	102	<b>95.7</b>	181	42.3	181	29.1	<b>11.8</b>



# Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences

<b>1998:</b> Test Mflops	Ws	Wd	Ls	Ld	S+	S*	D+	D*	Rel. [-]
<b>350/100 MHz Pentium II</b>	43.6	260	129	<b>61.2</b>	130	19.2	125	20.4	<b>7.57</b>
<b>Origin2000 R10000 175 MHz 1Mb c.</b>	380	326	86.6	<b>63.6</b>	167	39.7	167	27.2	<b>7.87</b>
<b>Origin2000 R10000 195 MHz 2Mb c.</b>	420	371	101	<b>75.8</b>	181	42.7	181	29.6	<b>9.38</b>
<b>Sil.Gr. R8000 (Pow. Ch.) 4Mb. c.</b>	81.9	77.04	79.0	<b>79.0</b>	45.3	13.8	45.3	10.4	<b>9.77</b>
<b>Onyx2 R10000* 195 MHz 4Mb c.</b>	420	371	102	<b>95.7</b>	181	42.3	181	29.1	<b>11.8</b>
<b>2008:</b>									
<b>Intel 2x2.16GHz PC 2Gb RAM WinXP</b>	21276	21276	1760	<b>1760</b>	1064	178	1282	178	<b>217</b>
<b>HP Itanium 4x 64 bit proc.</b>	6667	7692	3300	<b>3300</b>	794	187	794	161	<b>407</b>

\* Double-prec. Linpack of reduced size to accommodate in 4 Mb cache.

# Centre for Energy Research,

Computer (3D Neutron Flux Iteration in 1998)	Exec.time sec.	Relative performance	Rel. perf. by Linpack D	Est. cost (Mft)	Performace per cost 1994-1995
Sun 10 (aekisun)	4629	1	1	4.5	1
DEC3000/300x 175MHz 128k c.	1570	2.94	1.43	3.5	3.8
DEC 2000/4/275* 275MHz 4Mb c.	731	6.33	4.63	11.0	2.59
IBM6000 /560	611	7.58	2.26	6.5	5.2
IBM6000 /580 (para ELTE)	368	12.6	2.85	7	8.1
DEC 2100/4/200** 200MHz 2Mb c.	360	12.9	3.16	12	4.8
IBM6000 /390 (richi3 ELTE)	358	12.9	3.31	6	9.7
350/100 MHz Pentium II	327	14.2	6.23		
IBM6000 /590 (rozi 64 MByte)	278	16.7	4.74	5.5	13.4
IBM6000 /590 (richi1 ELTE)	265	17.5	5.39	7	11.2
Or.200 R 100000 175 MHz 1 Mb c.	179	25.8	6.48		
Or.2000 R 100000 195 MHz 4Mb c.	159	29.1	7.72		

\* with VMS operation system (not fully 64 bit)

\*\* with OSF1 operation system (fully 64 bit)





## **Sugárvédelmi ellenőrző rendszer: SER KK**

**Már az 1982 óta működő rendszert is az AEKI konstruálta, a következőkből állt:**

**Kibocsátás mérés a két kiépítés kéményeiben**

**„A” típusú állomások 1-7, később 8-9**

**„B” típusú állomás Dunaföldváron**

**„V1” vízmérő állomás (bejövő víz)**

**„V2”, „V3” típusú állomások (kimenő hűtő és „spec. mosoda” vize)**

**Központi adatgyűjtő és megjelenítő rendszer**



## A rekonstrukció követelményei:

### Legyen egyszeres meghibásodásra védett

100% tartalék és automatikus átváltás a központi adatgyűjtők és megjelenítők esetére

Az új 11 db „G” típusú állomásokkal együtt 20 db; egy „A” vagy „G” kieshet funkcióvesztés nélkül.

### Legyen földrengésbiztos

A kábelezés nem védett és csak másodlagos szerepkörben használható

Legolcsóbb: rádió kommunikáció

- ★ UHF az „A” és „G” adataihoz;
- ★ Mikrohullám a védett vezetési pontra.

### A KKÁT legyen egy harmadik ellenőrzött forrástag

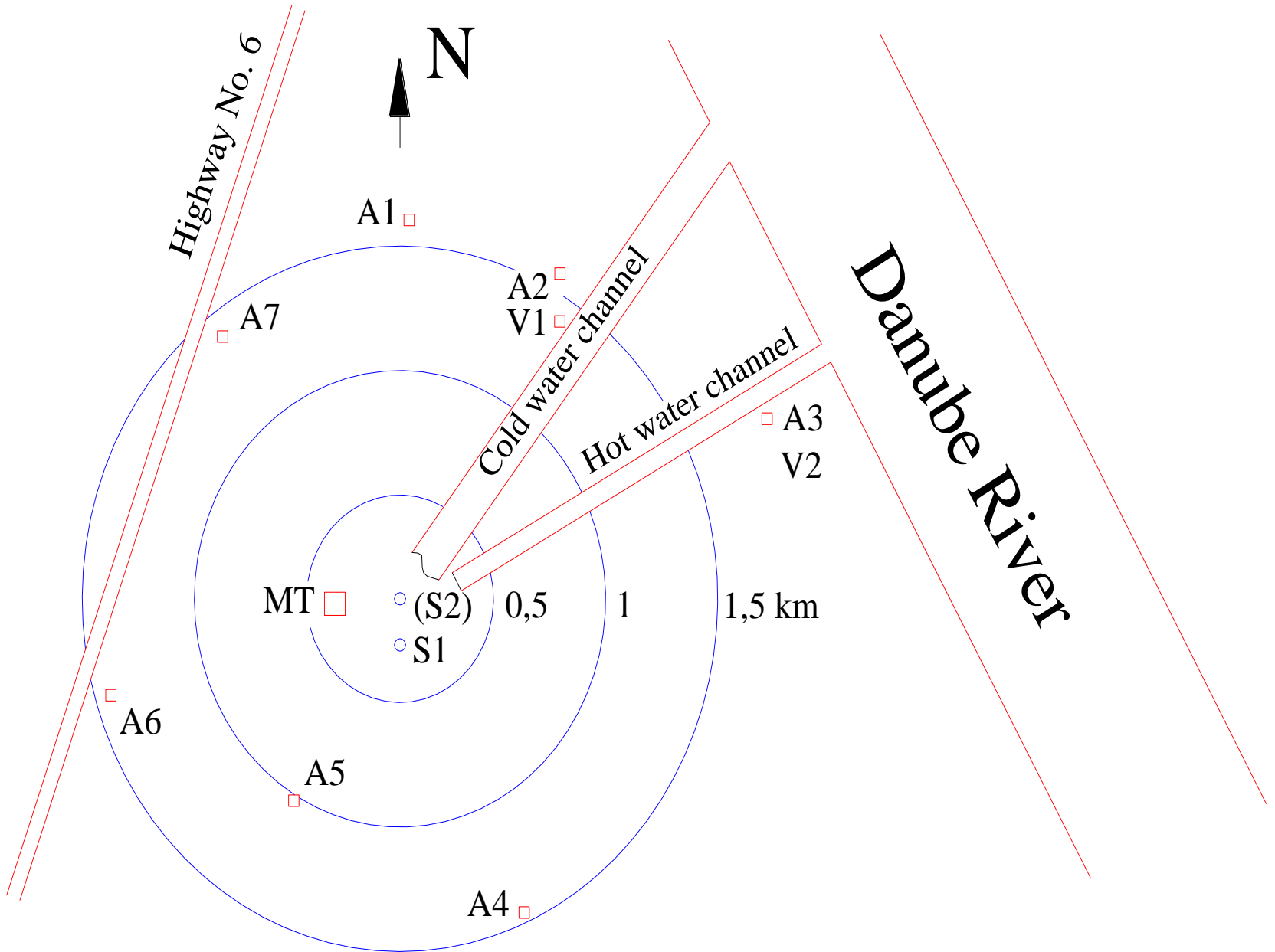
## **Célkitűzések:**

### **A régi, elavult rendszer lecserélése**

- 11 db új, G típusú állomás létesítése
- A teljes projekt alatt folyamatos működés

## **Új, modern fejlesztés:**

- Terjedésszimuláció on-line adatok alapján
- Dózisteljesítmény előrejelzés időben és térben

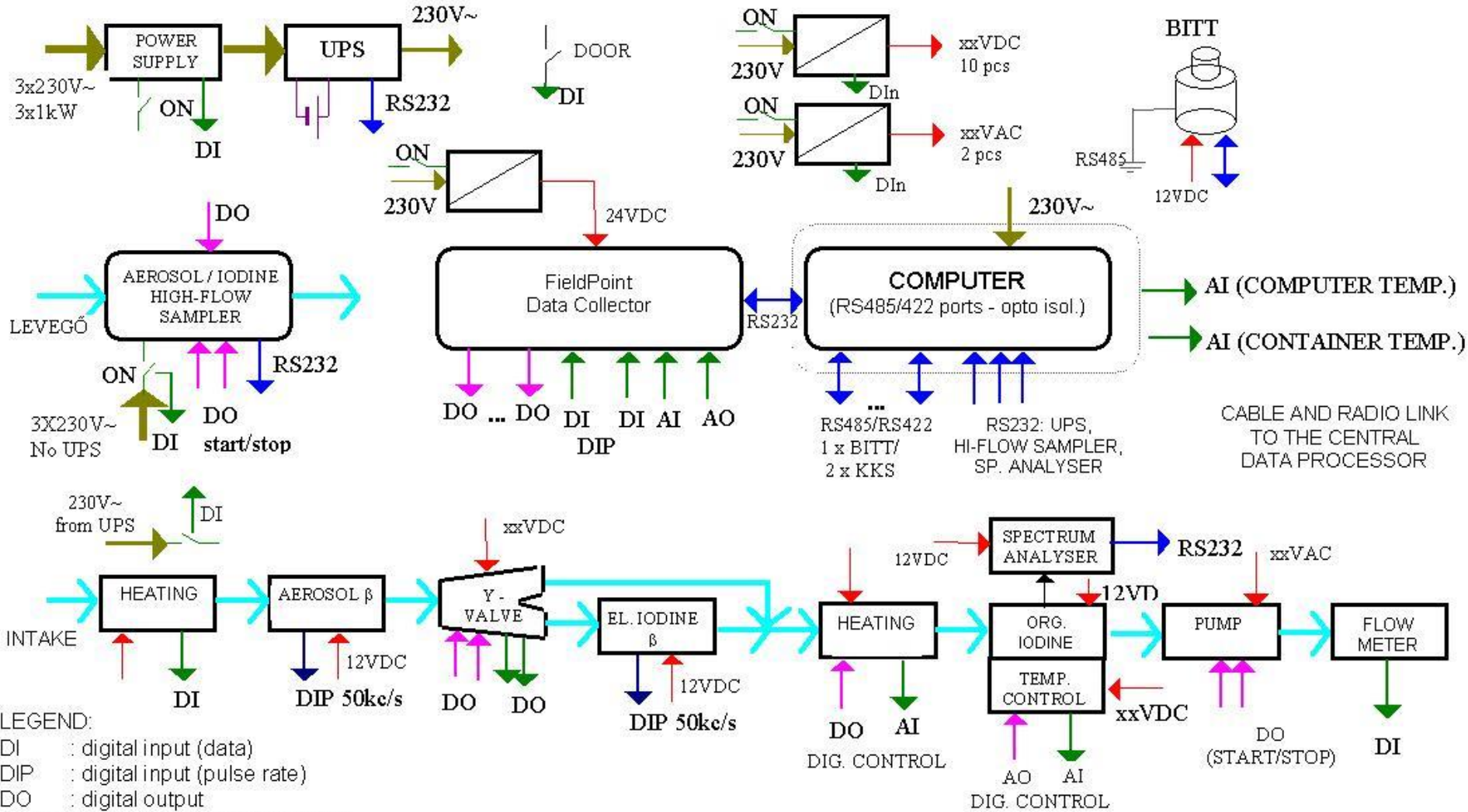






## Az „A” típusú állomás funkciói

- Folyamatos  $\gamma$  (gamma) dózis teljesítmény mérés (BITT, 10 nSv/h - 10 Sv/h)
- Folyamatos aerosol  $\beta$ -aktivitás koncentráció integrál mérés/számítás ( $10^2 - 5 \cdot 10^7$  Bqh/m<sup>3</sup>)
- Folyamatos (<sup>131</sup>I) aktivitás integrál mérés/számítás ( $10^2 - 5 \cdot 10^7$  Bqh/m<sup>3</sup>)
- Folyamatos szerves (és elemi) jódk aktivitás integrál mérése, számítása ( $2 \cdot 10^2 - 5 \cdot 10^7$  Bqh/m<sup>3</sup>) az alábbi izotópokra: <sup>131</sup>I, <sup>132</sup>I, <sup>133</sup>I and <sup>135</sup>I - erre készített speciális szoftverrel





## **Az új típusú, kiegészítő „G” állomások célja:**

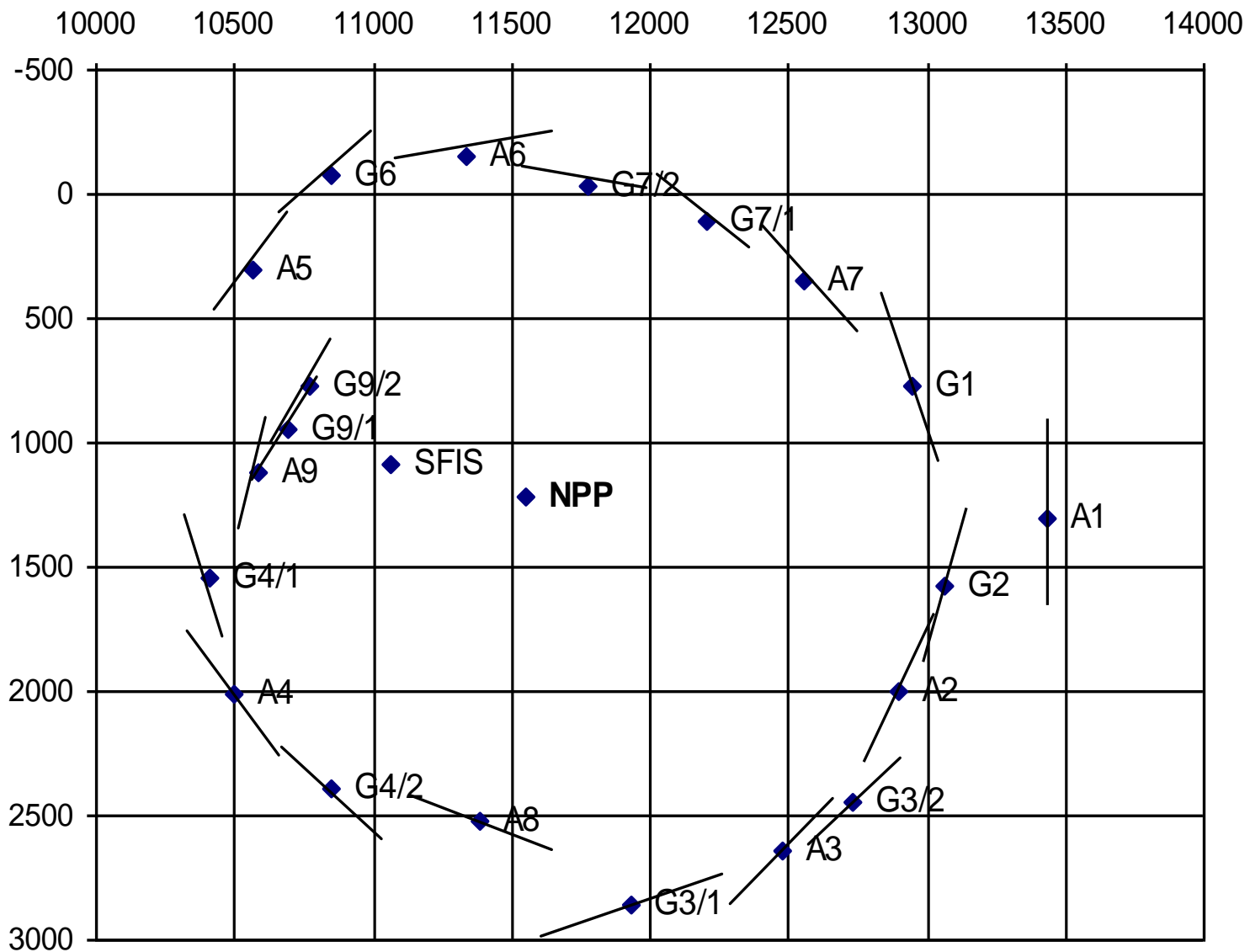
**Bezárni a réseket:**

**Eredetileg az „A” típusú állomások a közeli települések irányába lettek felállítva, most a teljes kört zárni kell, tetszőleges irányú radioaktivitás terjedés mérések elvégzésére**

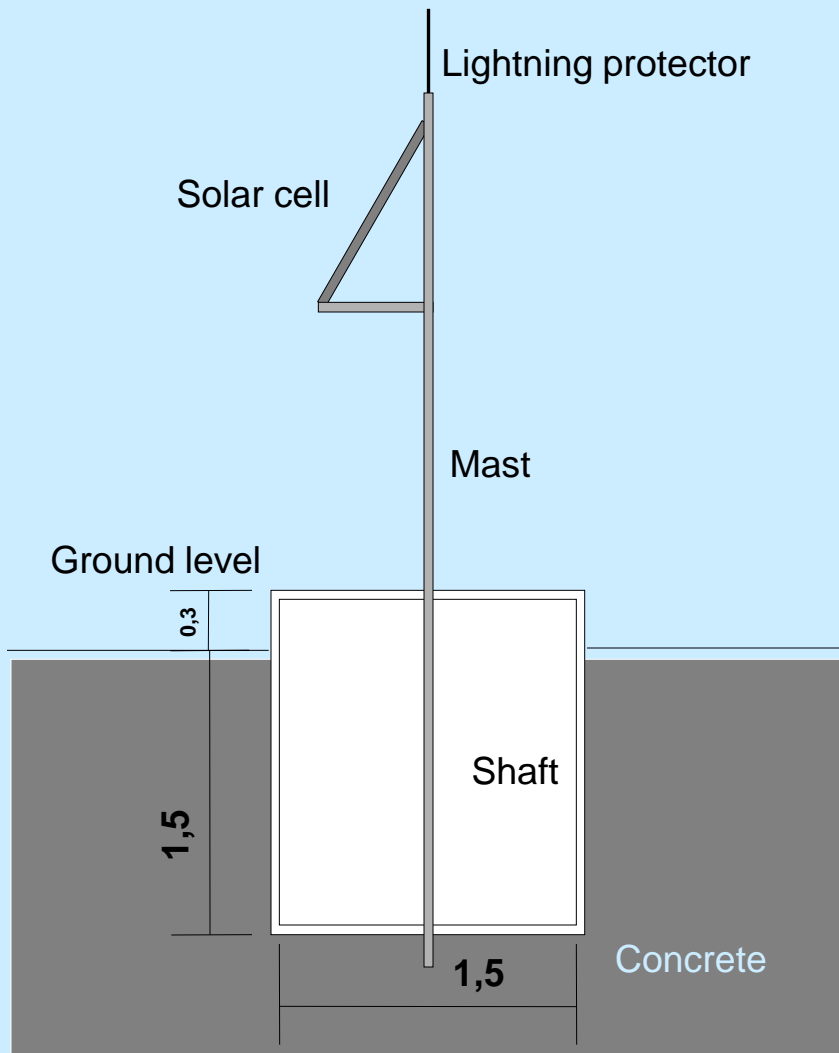
**Ezért még 11 pozícióba kell egyszerűsített, ún. „G” típusú állomást létesíteni, csak  $\gamma$  dózisteljesítmény méréssel, ami az „A” típusú állomáséval azonos**

**A költségek csökkentése és a földrengésállóság biztosítására kábelezés helyett akkumulátorokkal támogatott napelemes energia ellátást és rádiós (UHF) adattovábbítást kell biztosítani az RS232 kimenetű Gamma-szondához (BITT)**





**Az „A” és „G” típusú állomások által adott lefedettség**

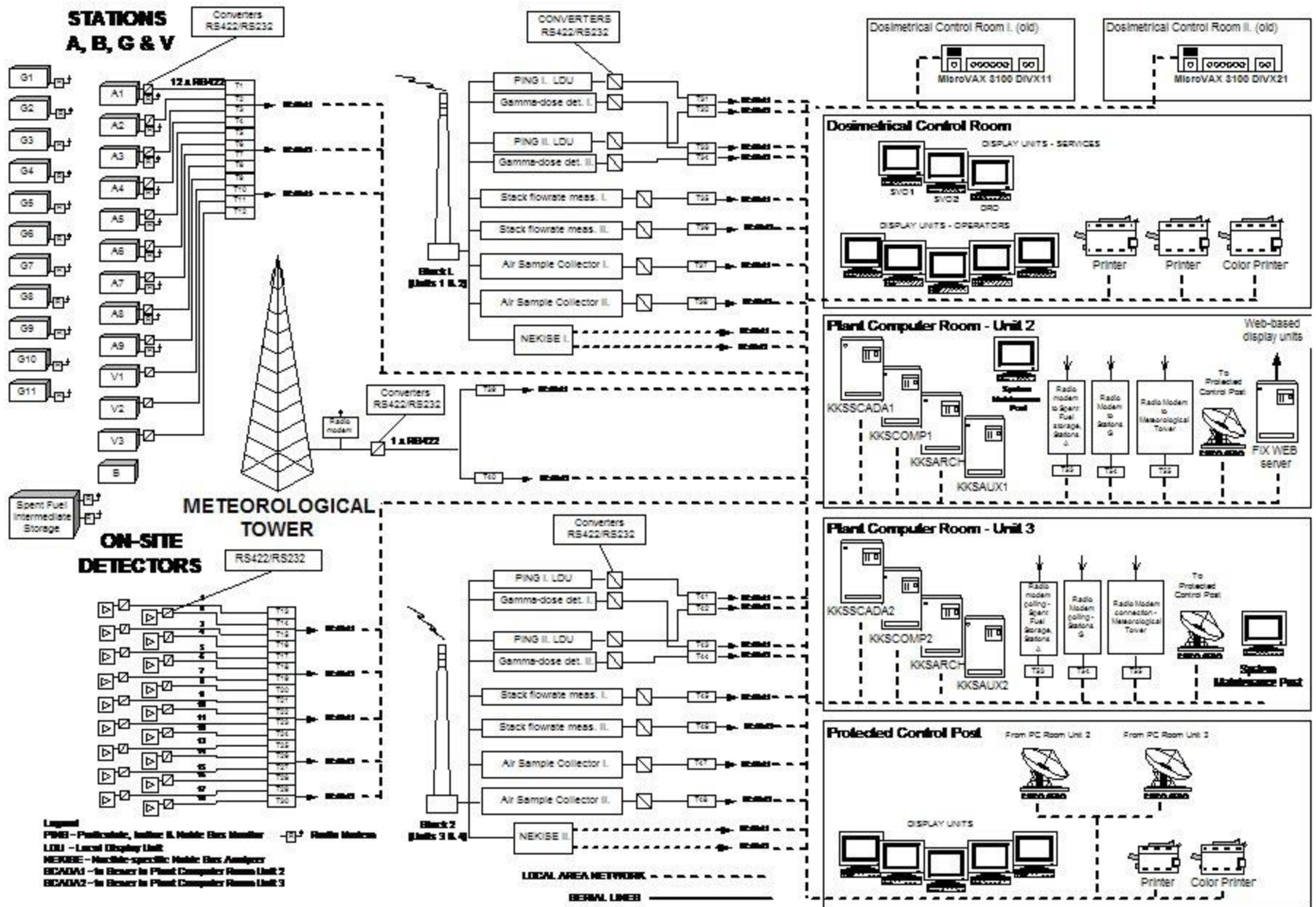


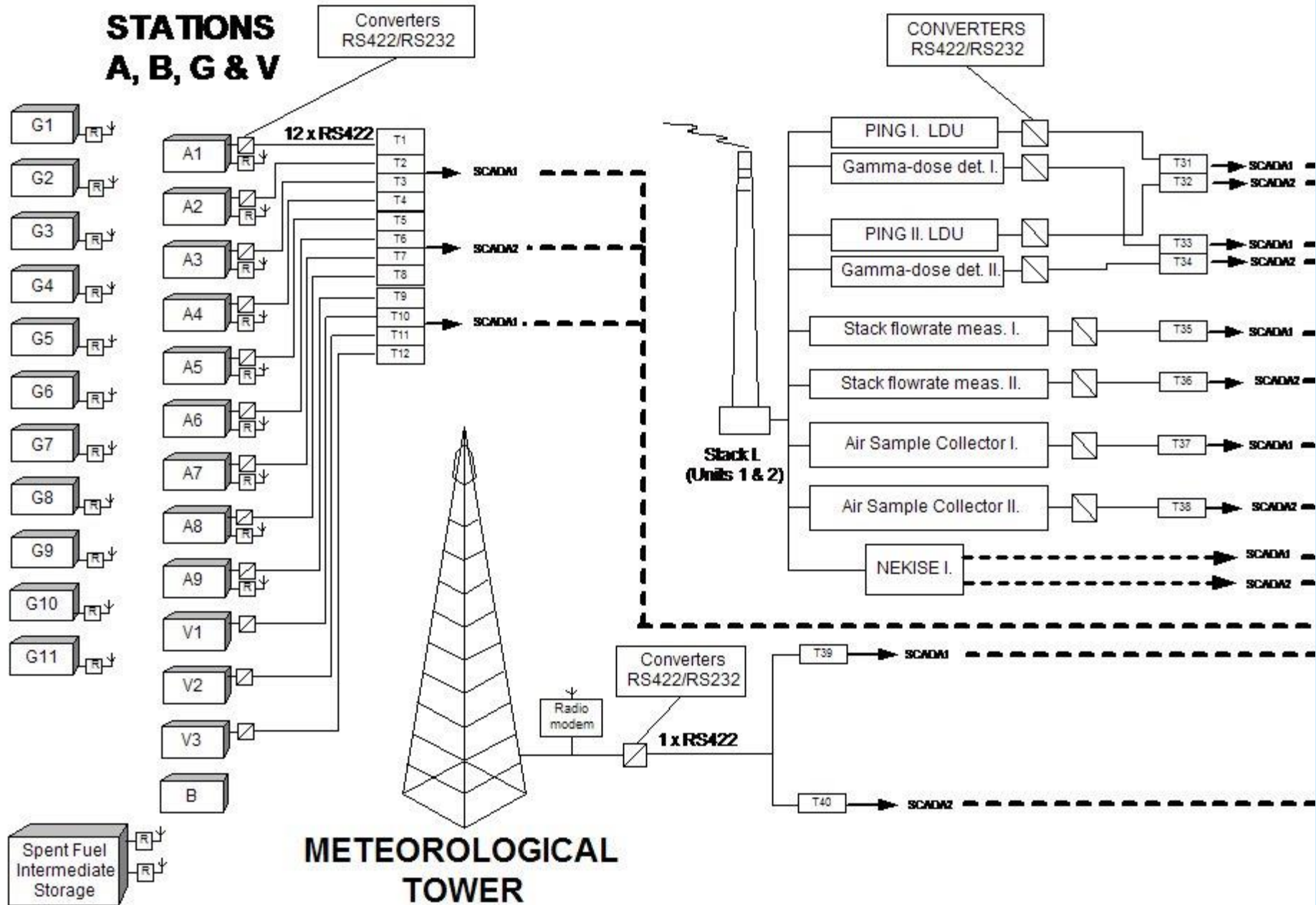
## A „G” típusú állomás

Az érzékeny berendezések  
telepítése: a BITT szonda,  
az antenna és a napelem  
**földrengésbiztos oszlopra;**

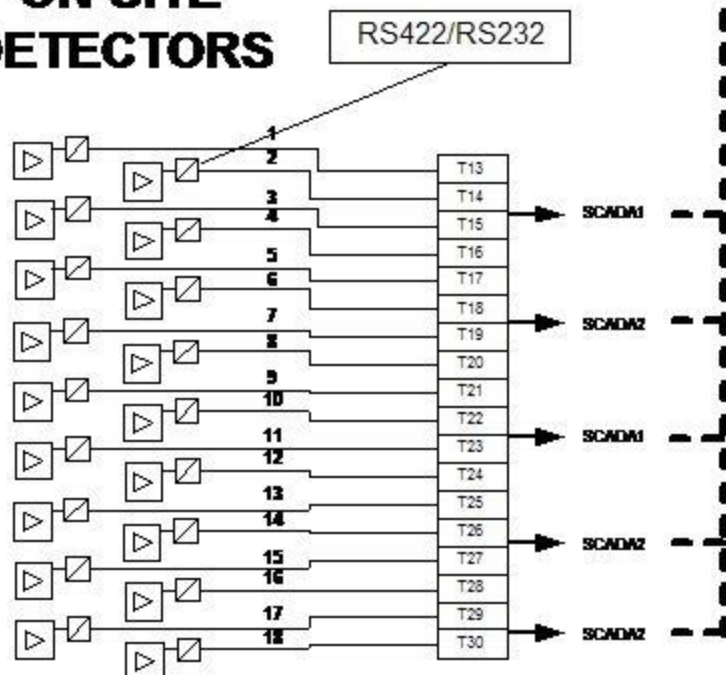
A modem, a rádió  
és az ólomakkumulátorok  
**földrengésbiztos,  
hőszigetelt  
aknába kerülnek**

# Environmental Monitoring System of the Paks Nuclear Power Plant - Configuration





## ON-SITE DETECTORS



### Legend

**PING** - Particulate, Iodine & Noble Gas Monitor

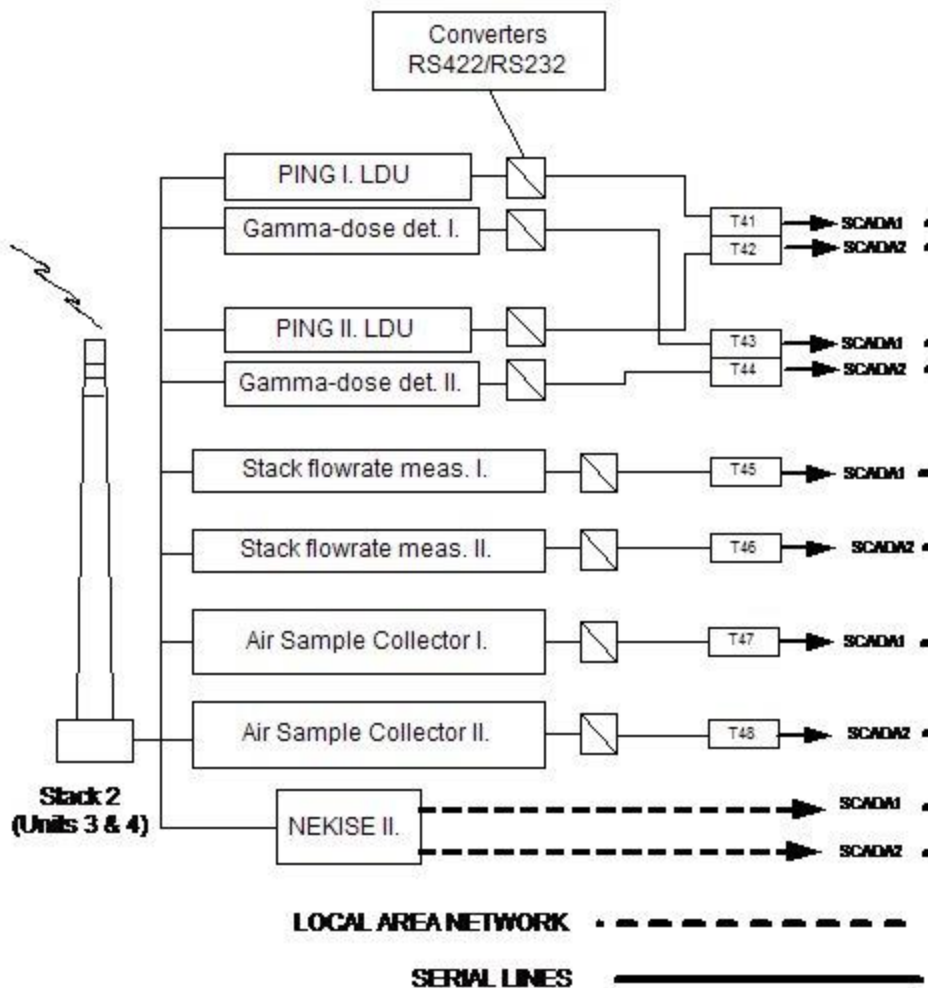
**LDU** - Local Display Unit

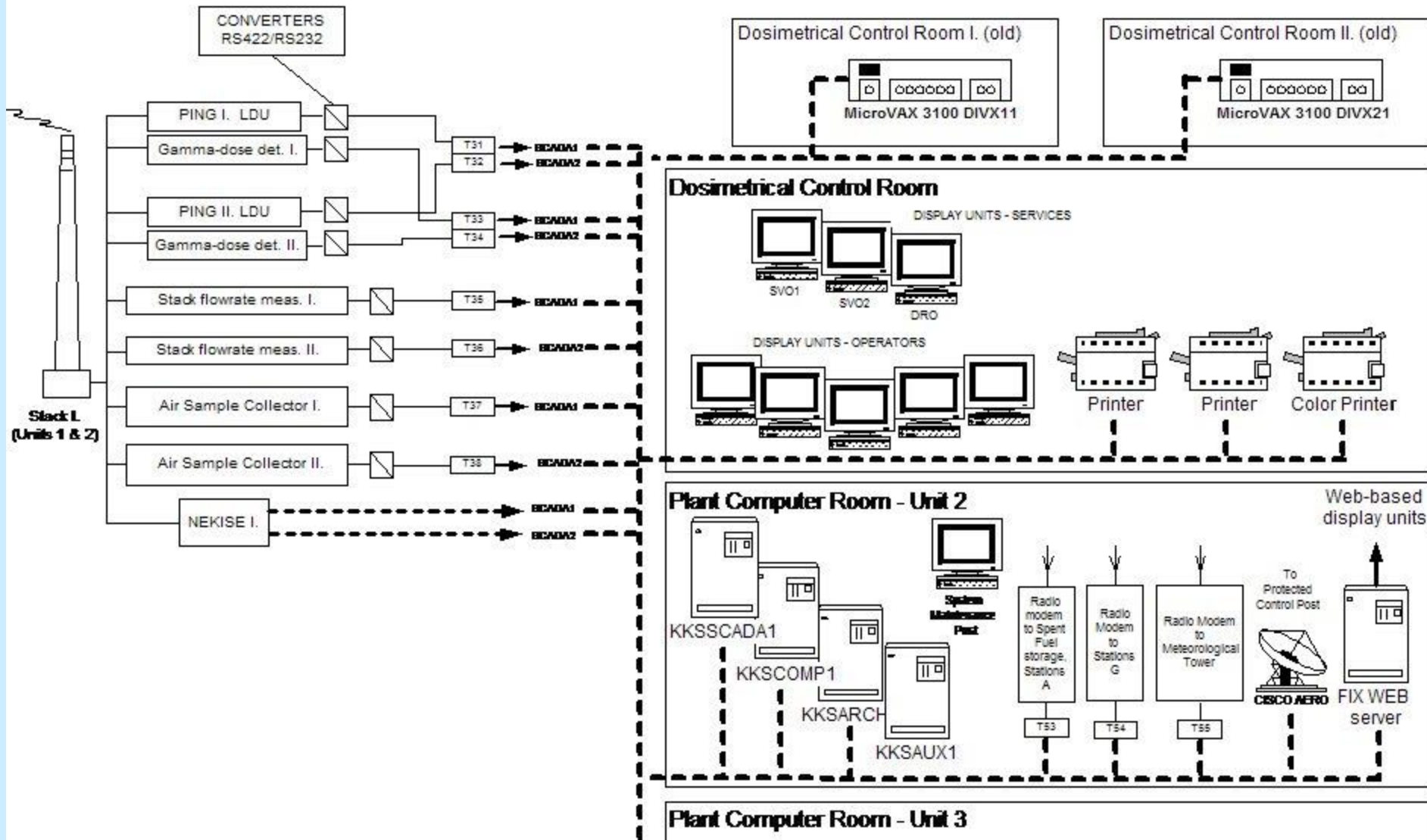
**NEKISE** - Nuclide-specific Noble Gas Analyzer

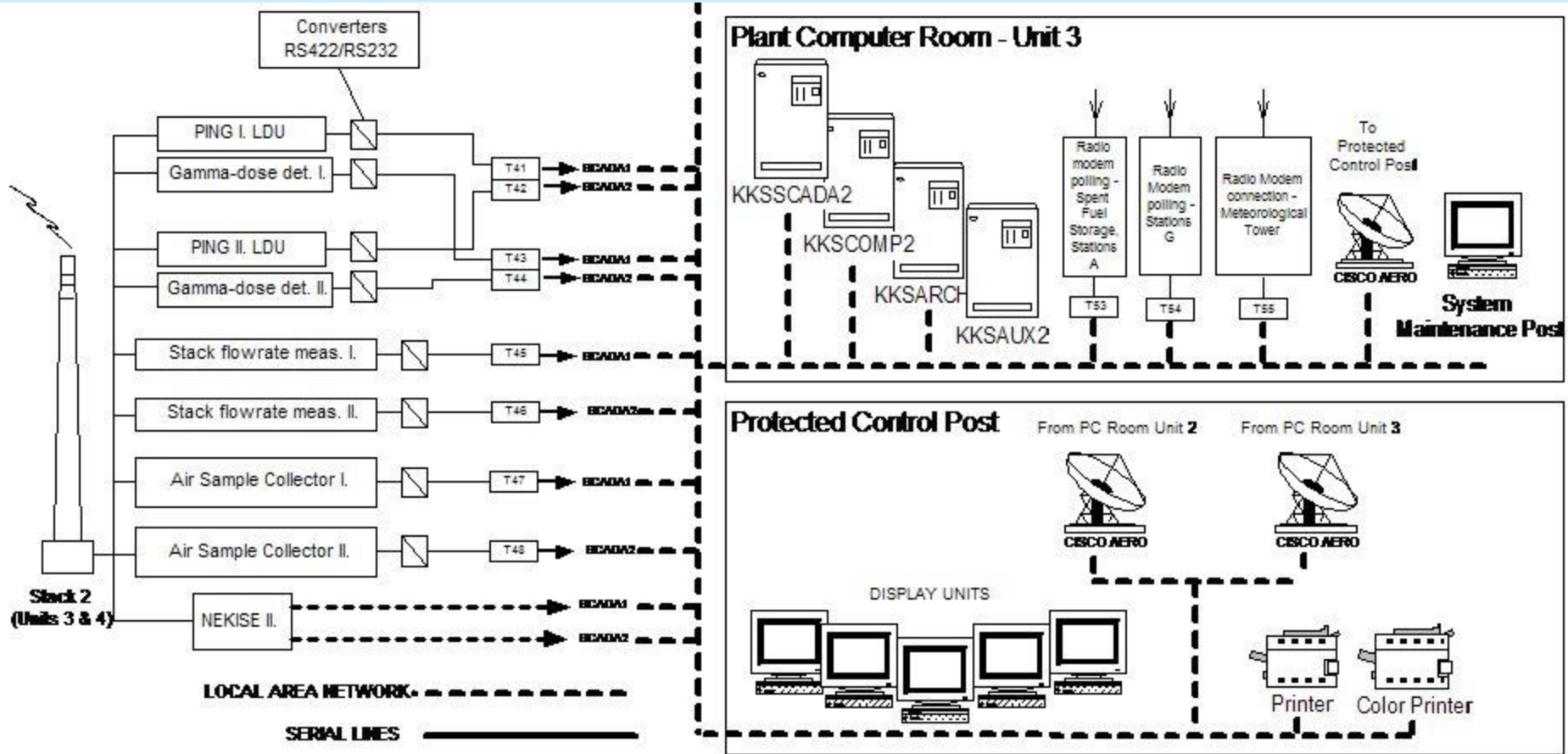
**SCADA1** - to Server in Plant Computer Room Unit 2

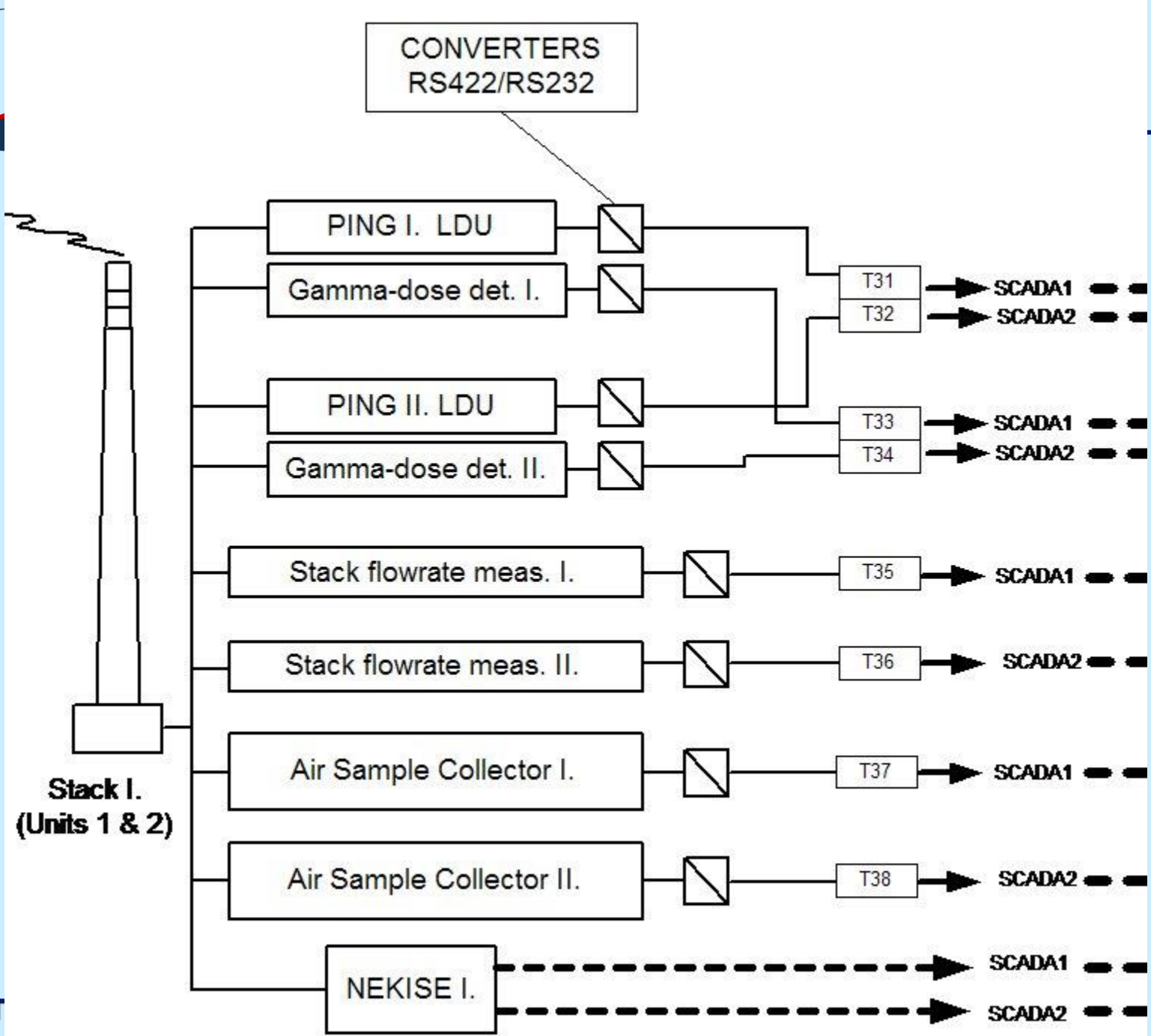
**SCADA2** - to Server in Plant Computer Room Unit 3

 Radio Modem









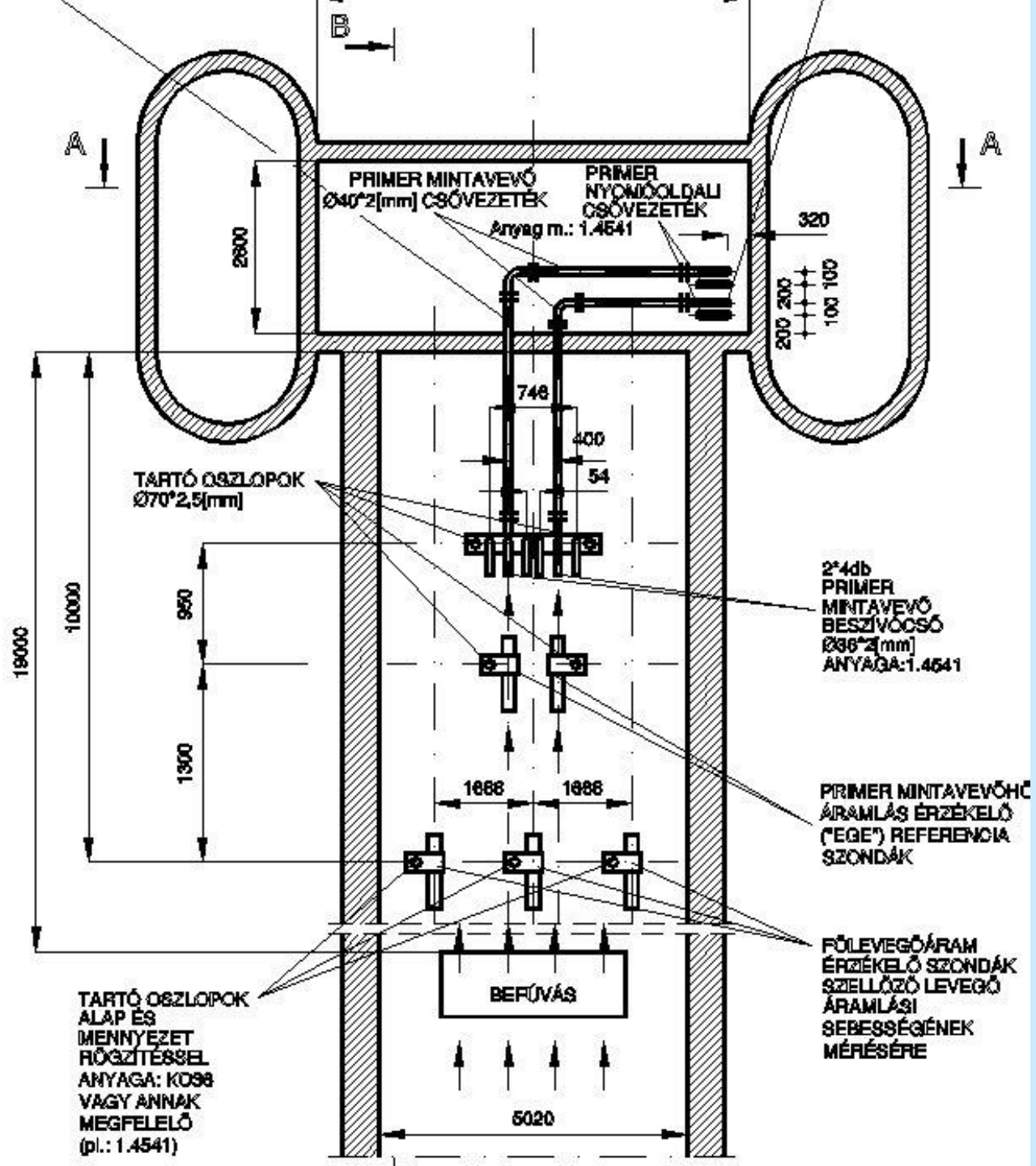




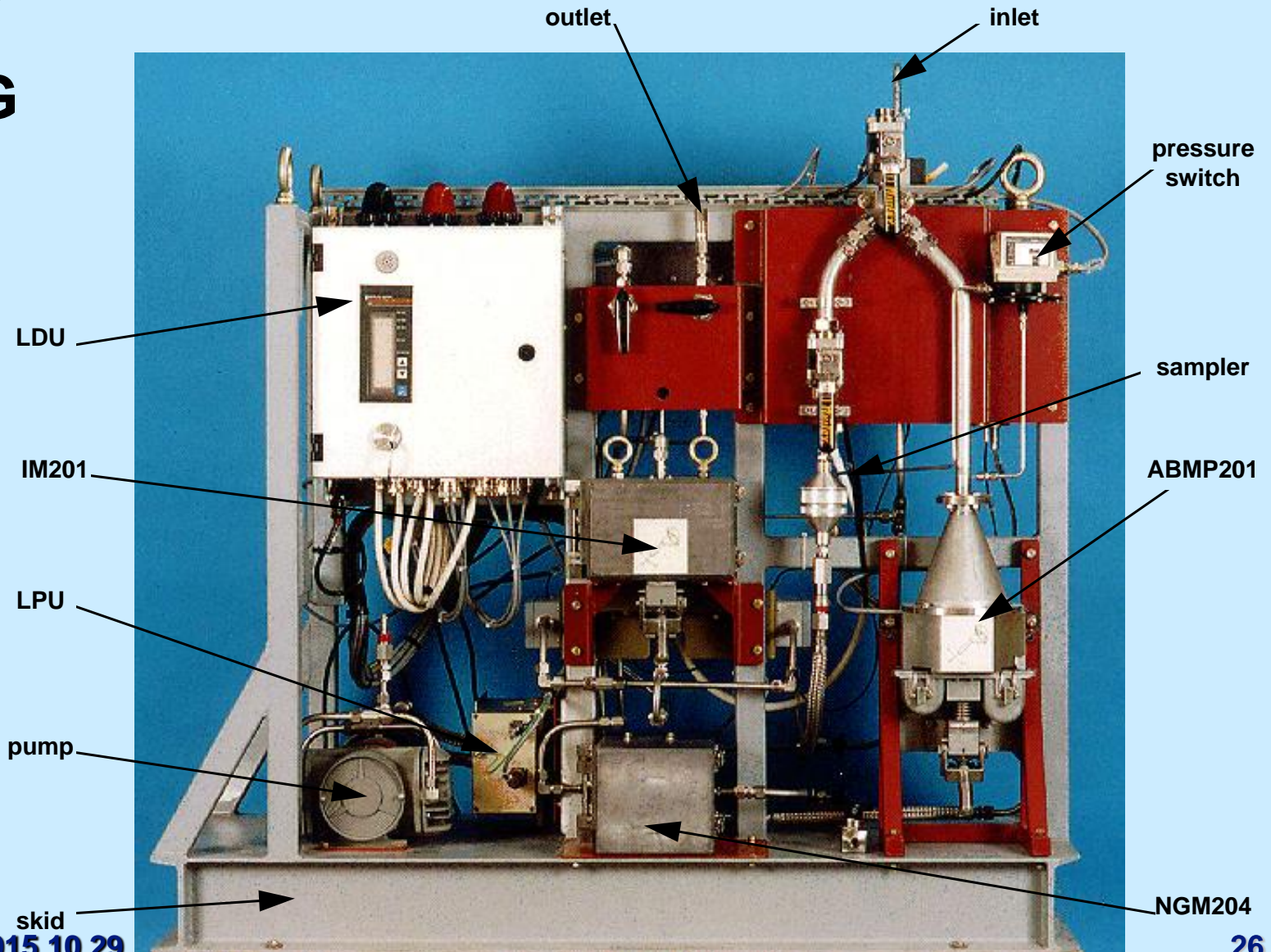
# Kémény levegő forgalom mérés mintavétel

Levegő  
forgalom:  
400,000 to  
700,000  
 $m^3/h$

NJSzT ITF 2015.10.29.



# PING





## **Központi adatfeldolgozás**

1. Ugyanazt az adatgyűjtő szoftvert használjuk, mint a blokkszámítógép: ***Intellution iFIX SCADA***
2. Elosztott rendszer 100% tartalékkal
3. Ugyanez a számítógép rendszer szolgálja majd ki a szintén rekonstrukcióra váró

### ***Technológiai Sugárzásmérő Rendszert***

4. A bemenő adatok Ethernet-en érkeznek (különbéle protokollokkal) és UHF rádiókapcsolatokkal; minden kapcsolat 100%-os tartalékkal rendelkezik
5. Az eredményeket két régi és egy új vezénylőteremben, a Védett Vezetési Ponton jelenítjük meg. Web server-en is elérhető (intranet); minden 100%-os tartalékkal, kivéve a Web server-t



## **A központi adatfeldolgozás feladatai**

### **1. Hagyományos funkciók:**

Mérések értékelése, alarmok generálása 10 percenként  
Adatmegjelenítés (képek, grafikonok, még WWW is)  
Adat archiválás (mentés és visszakeresés)  
Öndiagnosztika és automatikus tartalékra váltás

### **2. Kiterjesztett, új funkciók:**

Baleset kezdetének detektálása  
Esetleges konténment szivárgás detektálása  
Terjedésszámítás on-line (pöff modellel)  
30 km-es körre kiülepedés és dózisteljesítmény számítás



## **A terjedésszámítás szimulációs modellje**

**A „pöff” modell:** egy 10 perc hosszú kémény kibocsátás levegő tömegét egy együtt kezelt anyagmennyiségnek tekintjük – ez a „pöff”;

**Minden „pöff”-öt nyilvántartunk** amíg a tömegének többsége el nem, hagyja a kijelölt 30 km sugarú zónát;

**A „pöff nyilvántartásának” feladata, feltételezések:**

A középpontja az aktuális szélnek megfelelően mozog;

Három dimenzióban tágul a talajra kiülepedés, a függőleges levegő hőmérséklet inverzió, a talaj jelenlétének figyelembe vételével (alapjában Gauss elo.)

**Az izotópok** folyamatosan bomlanak, egymásba alakulnak az idővel (56 izotópnak megfelelő bomlási láncokat számolunk)

## CPU terhelés optimalizálás

**Minden 10 percben** kéményenként egy új pöff születik

**Egy „pöff”-öt törölünk:** ha elhagyja a 30 km-es sugarú körzetet, amire a sugárzást számolnunk kell, vagy a hozzájárulása a sugárzáshoz már elhanyagolható a többiekéhez képest; ezért ha nincs vagy gyenge a szél, ezek ezerszám felszaporodhatnak

**Ezért egy „pöff” –öt csak akkor számolunk újra,** as ha már legalább az átmérője felével elmozdult; minél gyengébb a szél, annál több a „pöff” a területen, de annál ritkábban számoljuk újra.



## Nódusok poláris koordinátákban

**Szögfelbontás**  $5^\circ$  - ez 72 irányt ad. Radiális felbontás:

**Első 10 km:** 1 km lépésben - 1 kört és 9 körgyűrűt kapunk

**Következő 20 km:** 2 km lépésben másik 10 körgyűrűt kapunk

**Ez összesen:** 72 irányban x 20 körgyűrű = 1440 nódus

**Ezen felül még:** 9 db „A”, 11 db „G” állomásra, 23 településre

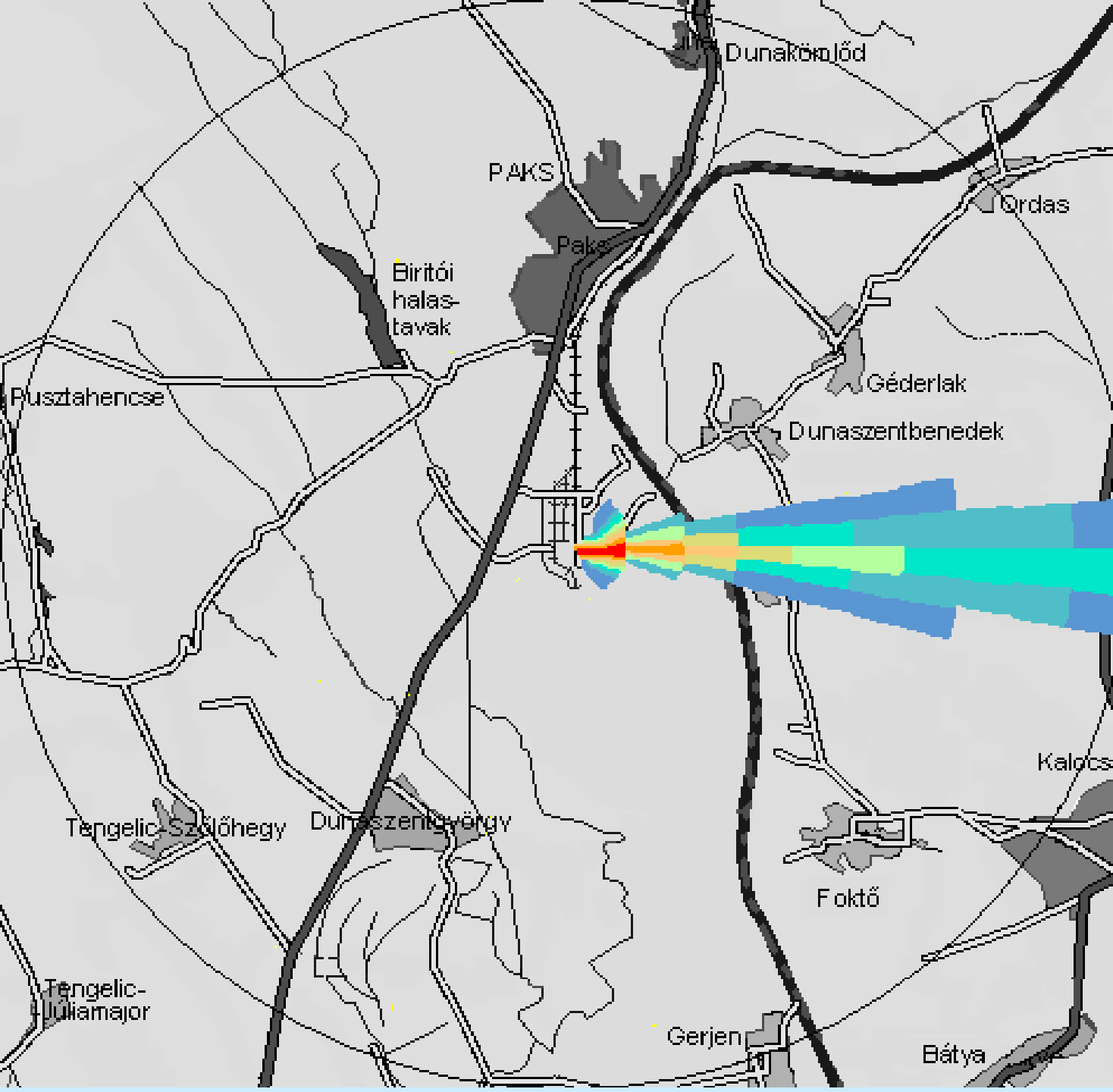
**Számítás minden nódusra:** Valamennyi nyilvántartott „pöff” távolsága ismert és a benne lévő 56 izotóp koncentrációja is. Tehát minden **nódusra** összegezni kell valamennyi „pöff” sugárzását **izotóponként**.



## **A szimulációs algoritmus, amiért az egész van:**

- 1. Mérjük a kémény kibocsátásokat, meteorológiai adatokat és számítjuk a terjedést 10 percenként);**
- 2. Kiszámítjuk a sugárzást az „A” és „G” állomások pozíciójára;**
- 3. Összehasonlítjuk a mért és számított értékeket:**
  - 4.1. Jó egyezés: nincs konténment szivárgás**
  - 4.2. Mérés magasabb: van szivárgás, visszaszámoljuk a konténmentre, 30m magasságra; egy második forrástagot határozunk meg;**
- 5. A kémény kibocsátás (120 m-en) és az esetleges szivárgás (30 m-en) ismeretében újraszámítjuk valamennyi nódust; integrálunk;**
- 6. Változatlan időjárást feltételezve több napra előrejelzést készítünk.**





**Generált  
adatokkal  
szimulációs  
eredmény**

**Mérni még  
nem sikerült**

**Köszönöm  
a  
figyelmet!**