

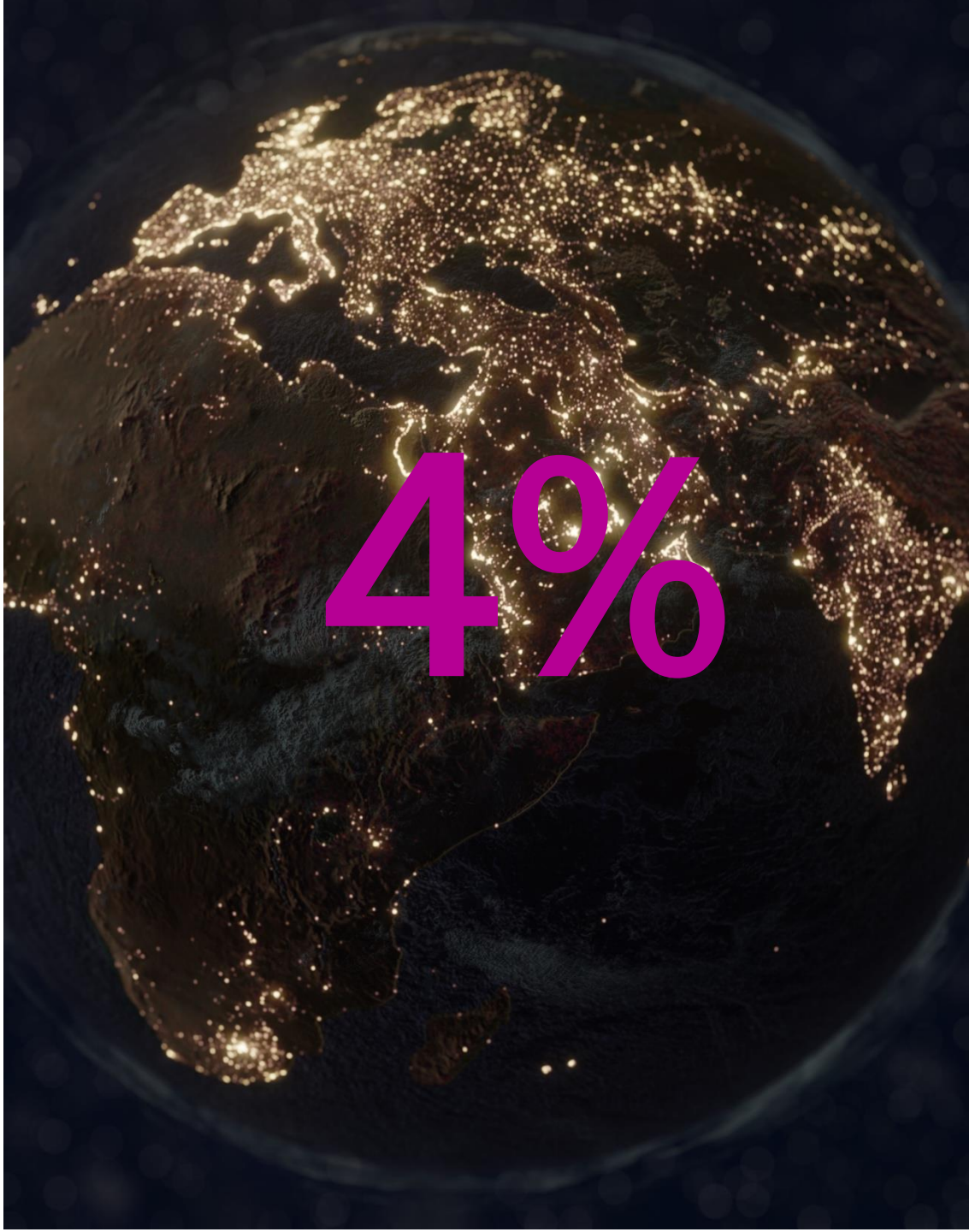


ZAP-X SUGÁRSEBÉSZETI BERENDEZÉS SUGÁRVÉDELMI PARAMÉTEREI

Pesznyák Csilla, Pócza Tamás

SRS kezelések kiemelt fontossága

- Világszerte évente 18 millió diagnosztizált rákos megbetegedés, az esetek 20-40 %-ában agyi áttét alakul ki
- (2050-re várhatóan ennek a duplája)
- Évente több mint 5 millió potenciális páciens
- Ennek ellenére csak évente 200 ezer kezelés
- (GK 100 ezer , CK 50 ezer , C-arm 50 ezer)
- A maradék 96%-nyi elmaradt kezelés legfőbb oka limitált hozzáférhetőség:
 - Magas kezdeti költségek
 - Szofisztikált, magasszintű felszerelés és tudás
 - Évente 600-800 beteg/készülék



4%

Klasszikus SRS kezelés

Kobalt-60 rendszerek (Gamma-kés)

- Gold-standard, nagy gradiens
- Jelentős üzemeltetési költség
- Bomló radioizotóp:
 - Forráscsere 5 évente
 - Növekvő kezelési idők



Konvencionális lineáris gyorsítók

- Sokoldalú, gyors
- Test-sztereotaxiára alkalmasabb
- Nem koponya sztereotaxiára dedikált:
 - Betegbeállítási nehézségek
 - Rosszabb dózisgradiens



ZAP-X Giroszkópos Sugársebészeti Rendszer

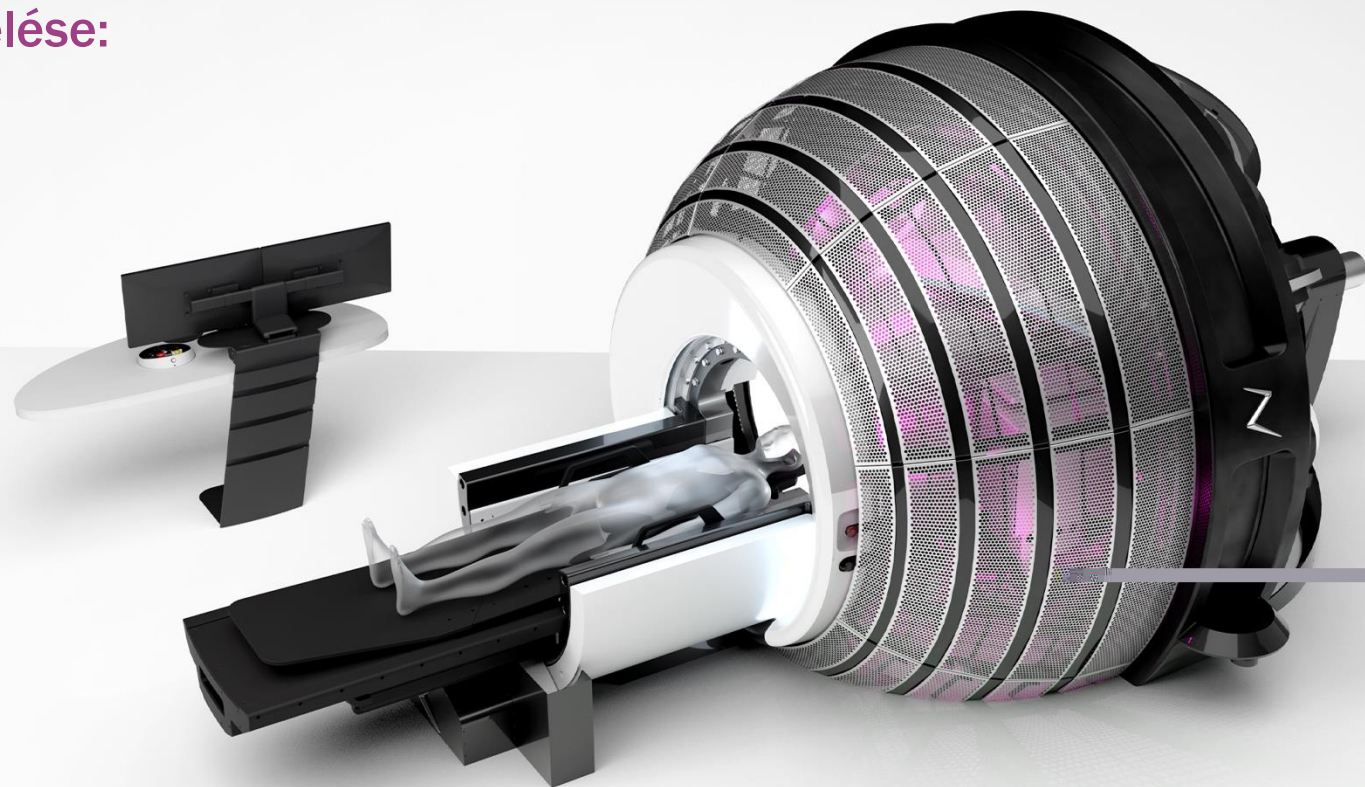
SRS kezelések hozzáférhetőségének növelése:

- Bárhol és mindenhol elv érvényesítése
- Üzemeltetési költségek csökkentése



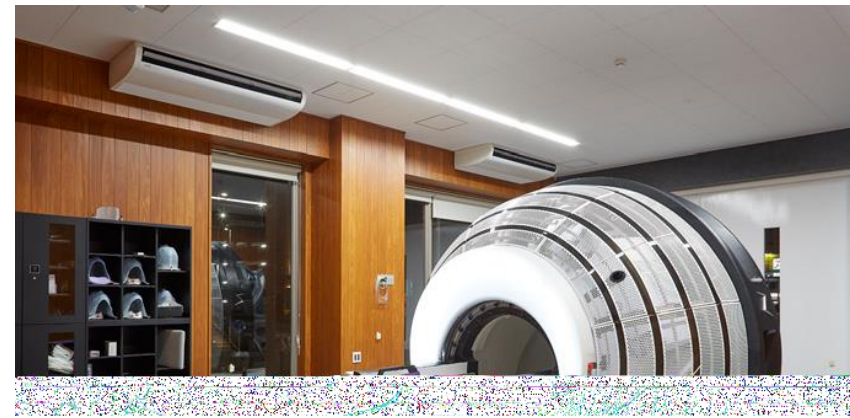
Fejlett dozimetria alkalmazása:

- Kockázatok csökkentése
- Eredmények javítása



Működő telepített készülékek

- Bonafatius Hospital:
 - Kis, vidéki közkórház
 - Lingen, Németország
 - 57,000 lakos
- Utsunomiya Neurospine Center:
 - Bullet Train Complex
 - Utsunomiya, Japán
 - 513,000 lakos



- Hackensack Meridian Neuroscience Institute:
 - Neptune, New Jersey, USA
 - 23,600,000 lakos



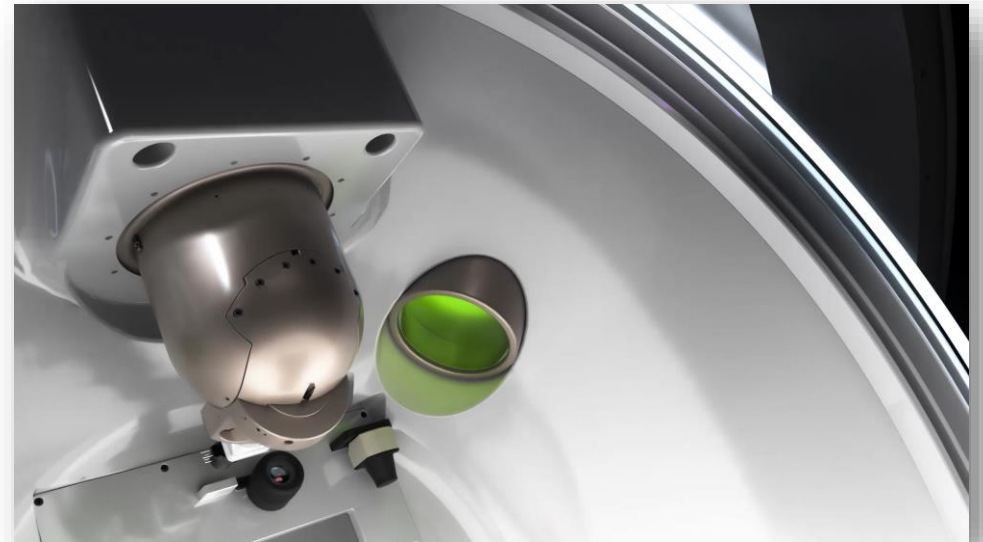
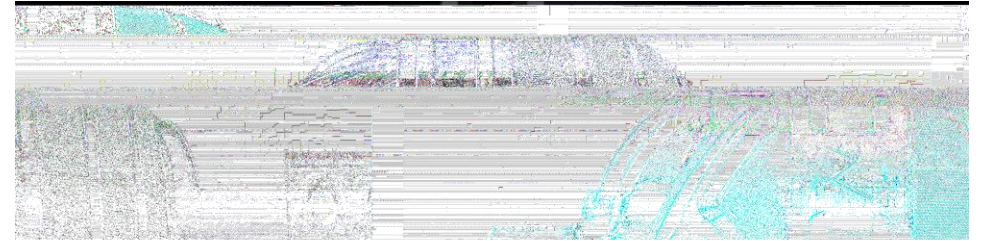
Alacsony működési költség

- Nem szükséges sugárvédelmi bunker
- Az első és egyetlen önárnyékoló sugárzási rendszer
- 200 tonna beton és ~1M+ USD megspórolása
- Co-60 izotóp helyett legmodernebb linac
- Nincs radioaktív bomlás, így egyenletes dózisteljesítmény, kezelési idő és BED



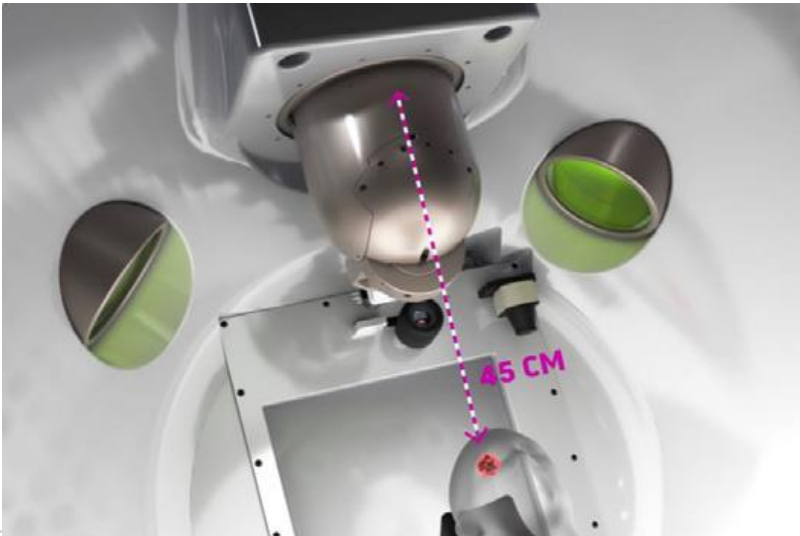
3D dózisgradiens minimalizálása

- 2, független gantry használata
- Több ezer lehetséges, nem koplanáris sugárzási szög
- Kevesebb, mint 0,002% szivárgó sugárzás
- Így a kritikus szervek, az egészséges agy és a test dózisának csökkentése is lehetséges

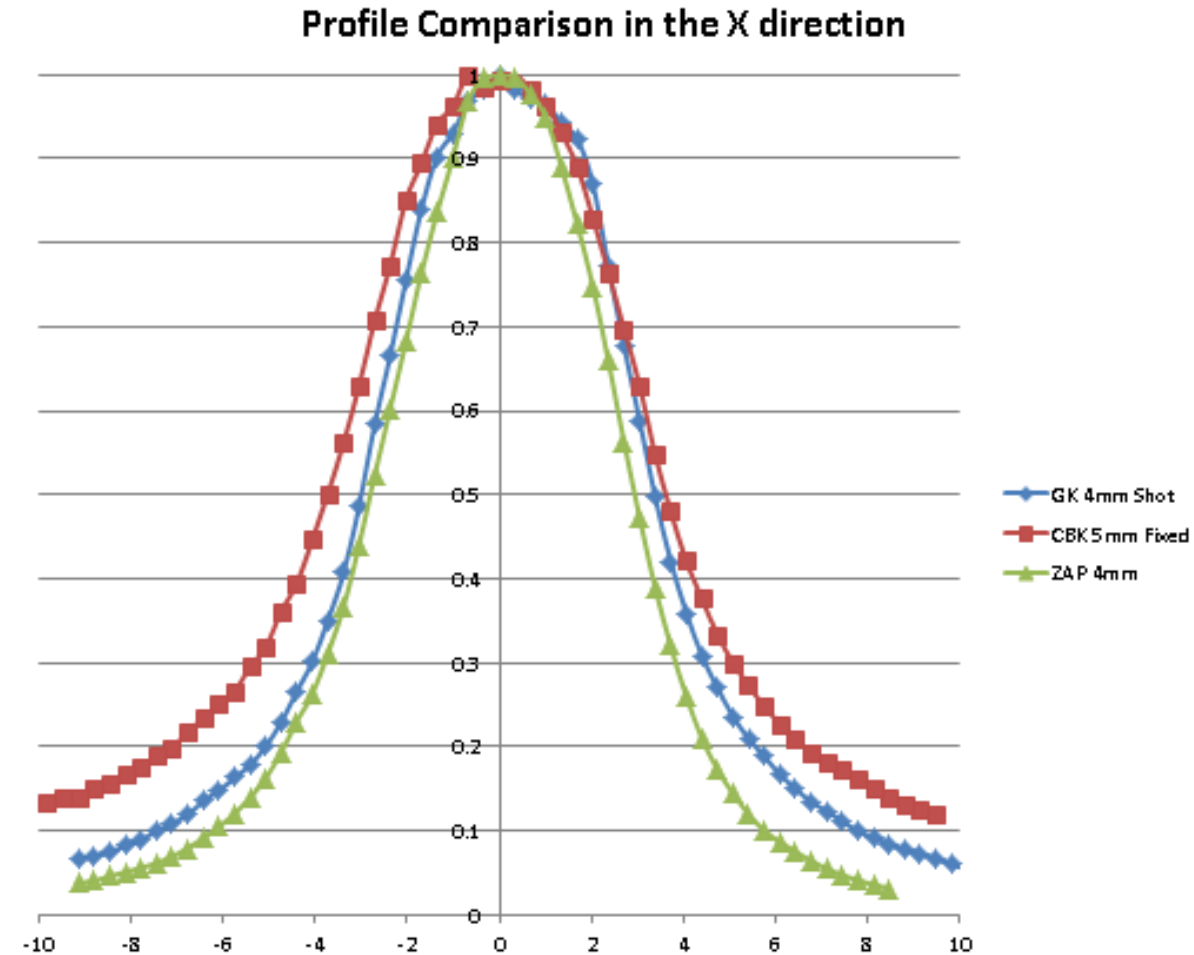


SRS-re optimalizált nyaláb

- SRS-re optimalizált, alacsony szórású 3 MV nyaláb
- 45 cm SAD, 50%-kal kisebb félárnyék
- Alacsonyabb dózis a szemre, a látóidegekre, az agytörzsre és más szomszédos kritikus szervekre

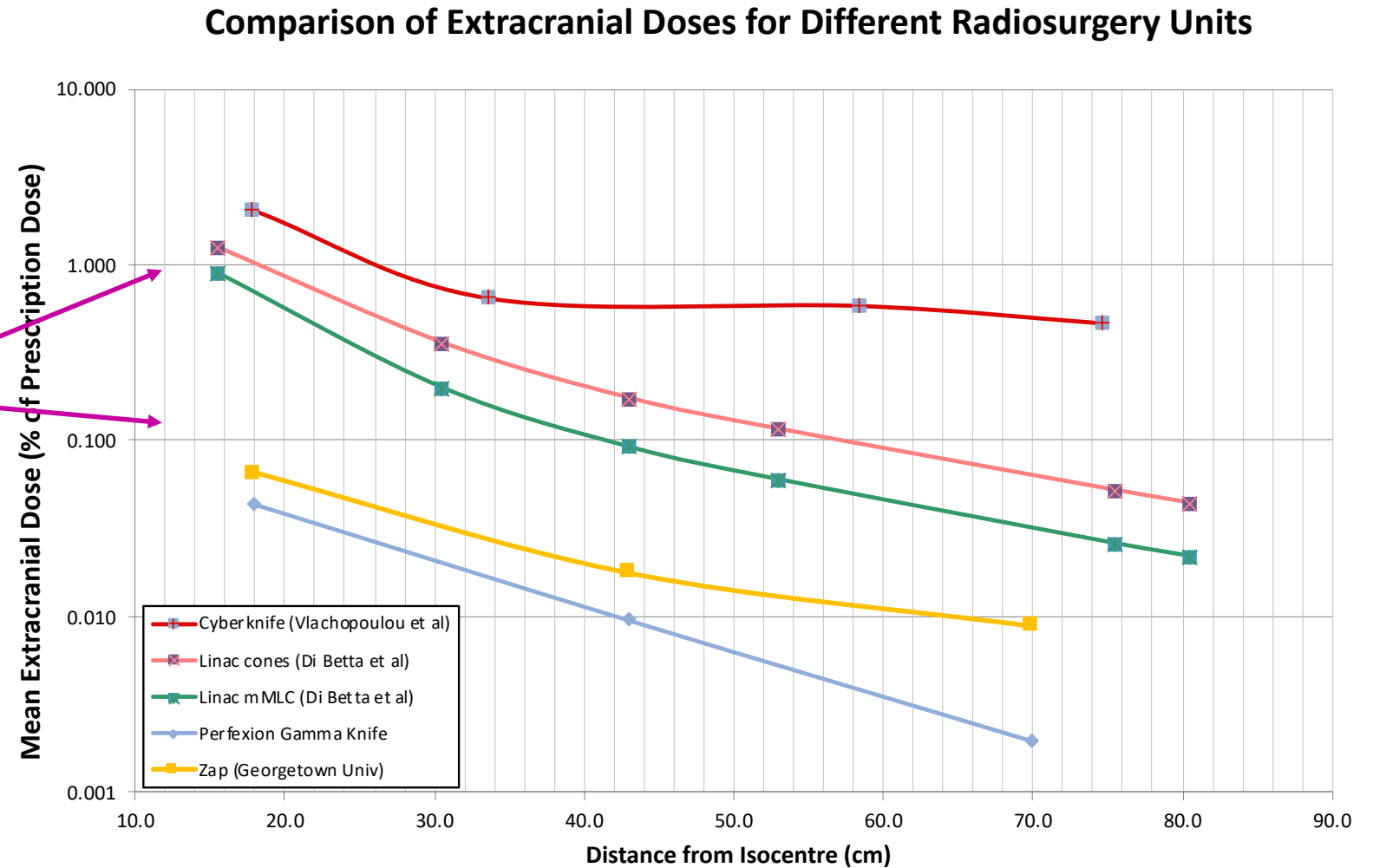


ZAP®



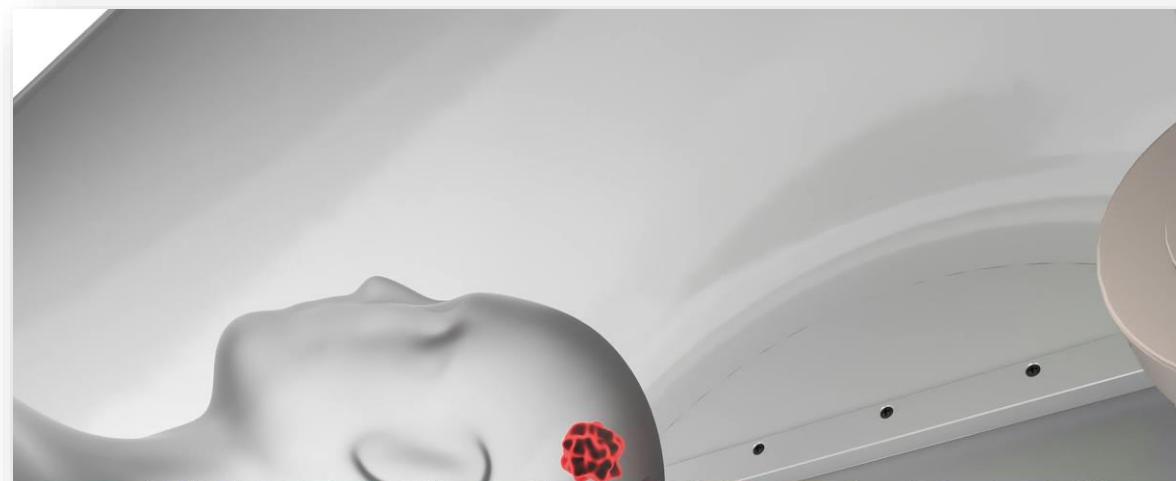
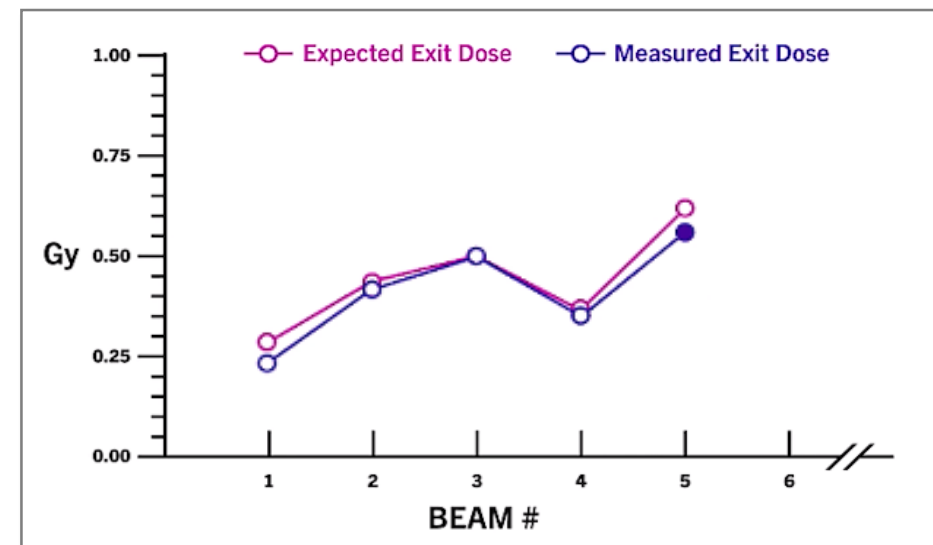
Alacsonyabb testdózis

>10X alacsonyabb
test dózis a
konvencionális
linacokhoz képest



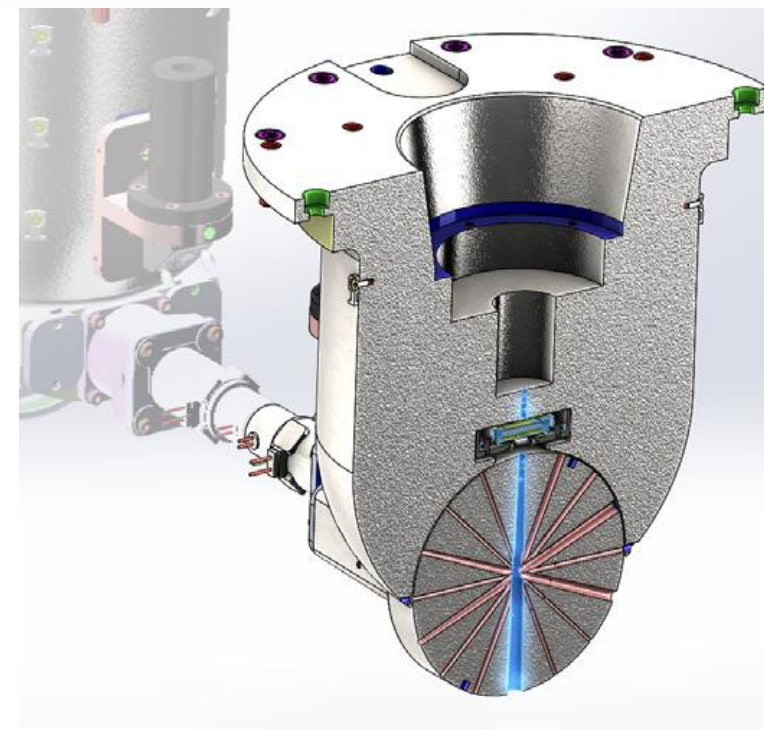
Kockázat csökkentése a kezelések során

- Valós-idejű nyaláb ellenőrzés
- Rutinszerű klinikai használatra tervezve
- Kezelés azonnali leállítása a felhasználó által meghatározott küszöbértékeknek megfelelően
- (Frakció)dózis eltérések észlelése
- Nem megfelelő kollimátor méret észlelése
- Pozicionálási eltérések észlelése



Klinikai képességek

- 30-45 másodperc optimalizálás
- Automatizált izocentrum elhelyezés
- 8 kör alakú kollimátor:
- 4, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 20, 25 mm, automatikus váltással
- Jellemzően 5-7 perc leadási idő izocentrumonként
- Frakción belüli mozgáskezelés:
- Automatikus DRR-illesztés a kezelés során a felhasználó által meghatározott gyakorisággal
- Integrált, automatikus ütközésselkerülés és kezelési idő szimuláció
- Keret nélküli betegrögzítés

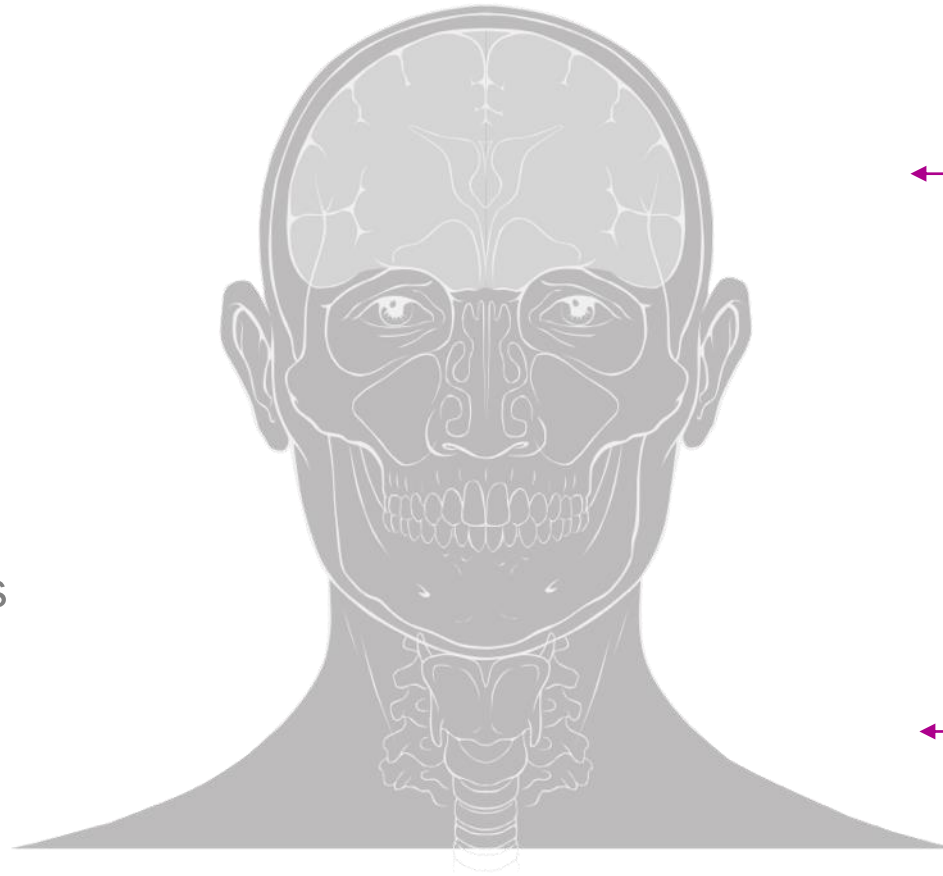


Egyéb jellemzőik

- Ray tracing dózisszámolási algoritmus
- S-band típusú lineáris gyorsító, magnetron
- 3 MV nominális energia (Dmax kb. 6,5-7mm mélyen, 61-62% felszíni dózis)
- 1500 MU/perc dózisteljesítmény
- 45 cm SAD
- <3% linearitás, <2% nyalábszimmetria, 0,5 mm mechanikai pontosság
- 2 független gantry, 260+ sugárzási irány izocentrumonként
- 135 kg terhelhetőség
- + / – 100 mm asztal mozgathatóság az izocentrum körül
- <30 $\mu\text{Sv/h}$ dózisteljesítmény a készüléktől 1 m-re

Tipikus indikációs körök

- Az agyi áttétek 67%-ban kiújulhatnak
- A rákterápiák javulásával a betegek tovább élnek, ami az SRS újbóli kezelésének további növekedését eredményezi.
- Az SRS költség/haszon aránya kimagaslóan magas más eljárásokkal szemben.
- Az MRI nagyobb mértékű használata több daganatot és hamarabb fedez fel.



Intracranial

Metastases
Meningioma
Glioblastoma
Acoustic neuroma
Trigeminal neuralgia
Arteriovenous malformations (AVM)
Misc. benign tumors

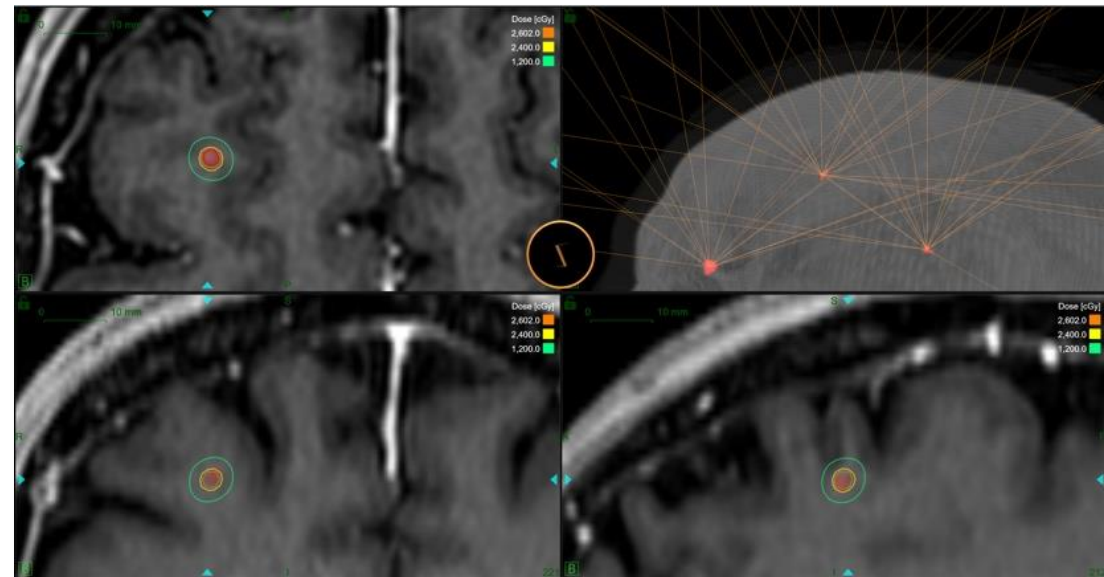
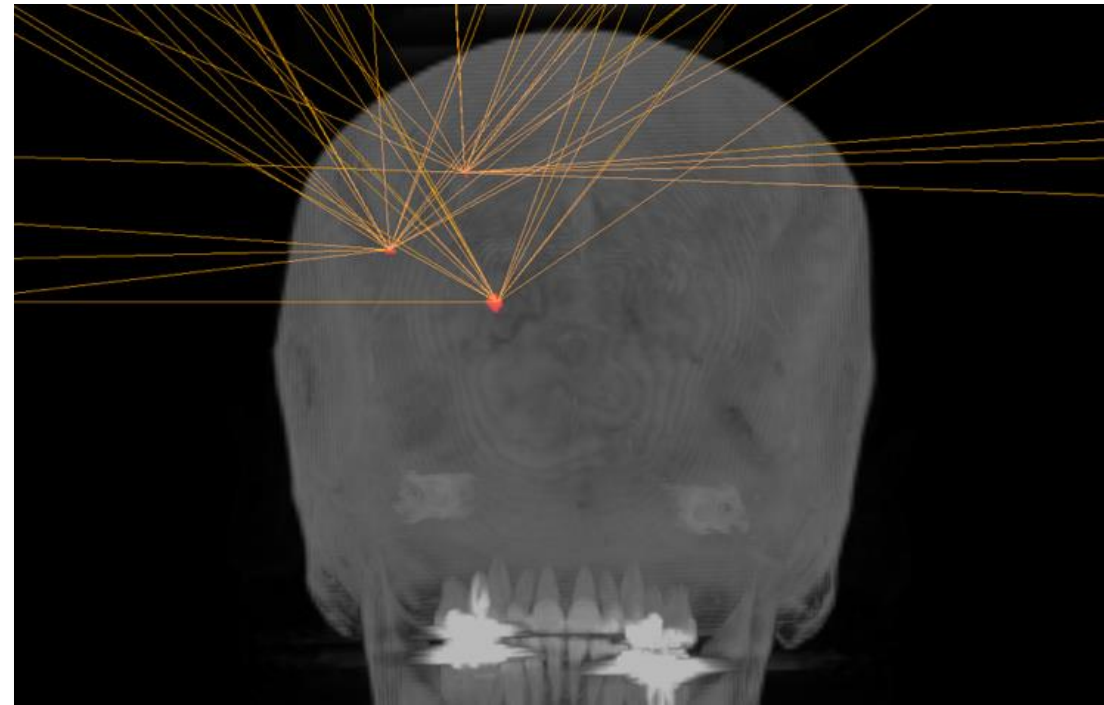
Head & Neck

Cervical spine
Oral cavity, pharynx, larynx, sinus, salivary, etc.

Klinikai esetek

3 AGYI METASTASIS

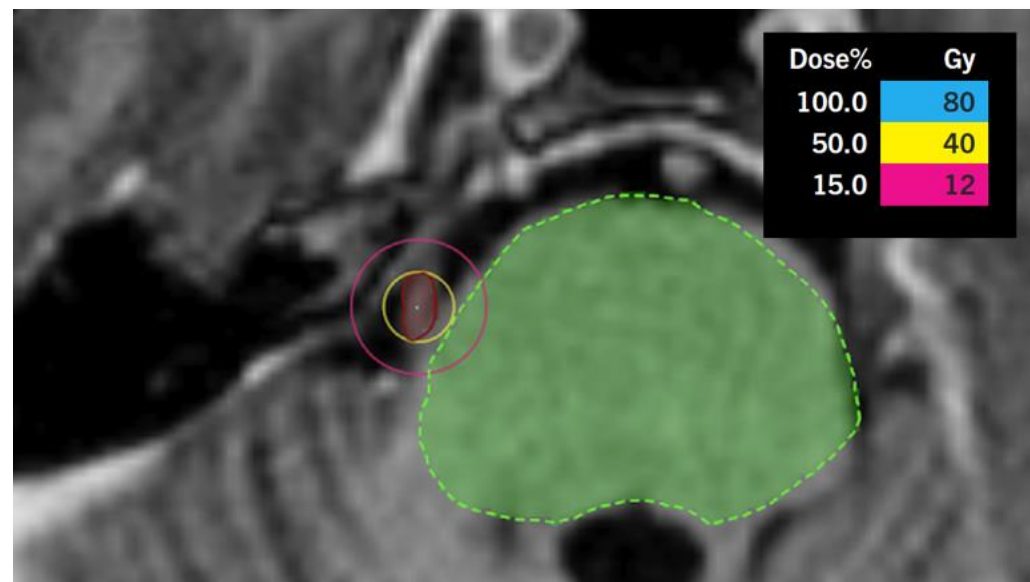
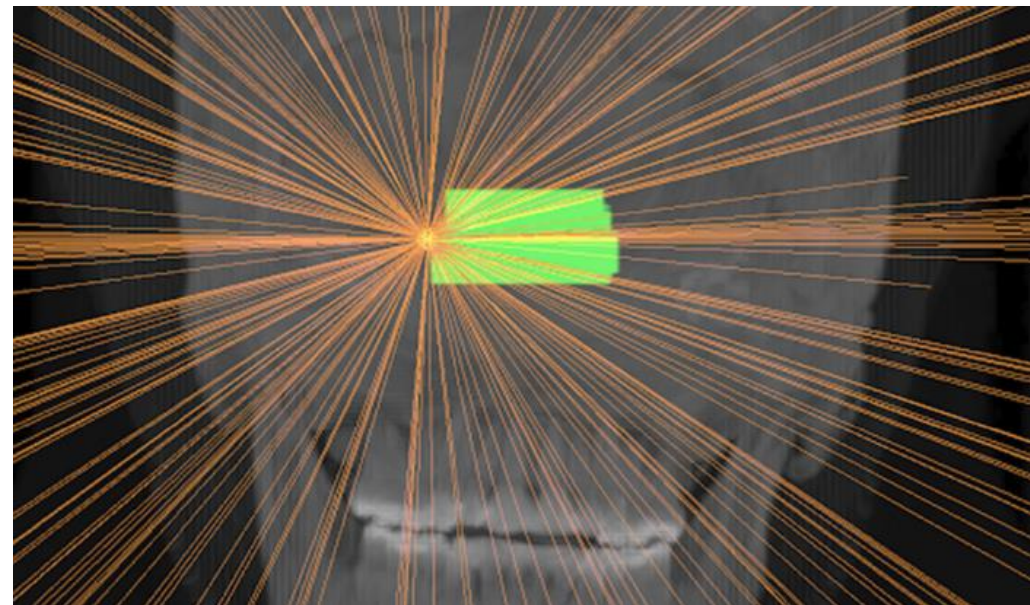
- ~15 perc tervezési idő
- ~19 perc leadási idő
- 3 izocentrum, 24 Gy/ target
- Lefedettség: 100%
- PTV margó: 0 mm
- Teljes agy átlag dózisa: 0.4 Gy



Klinikai esetek

TRIGEMINAL NEURALGIA

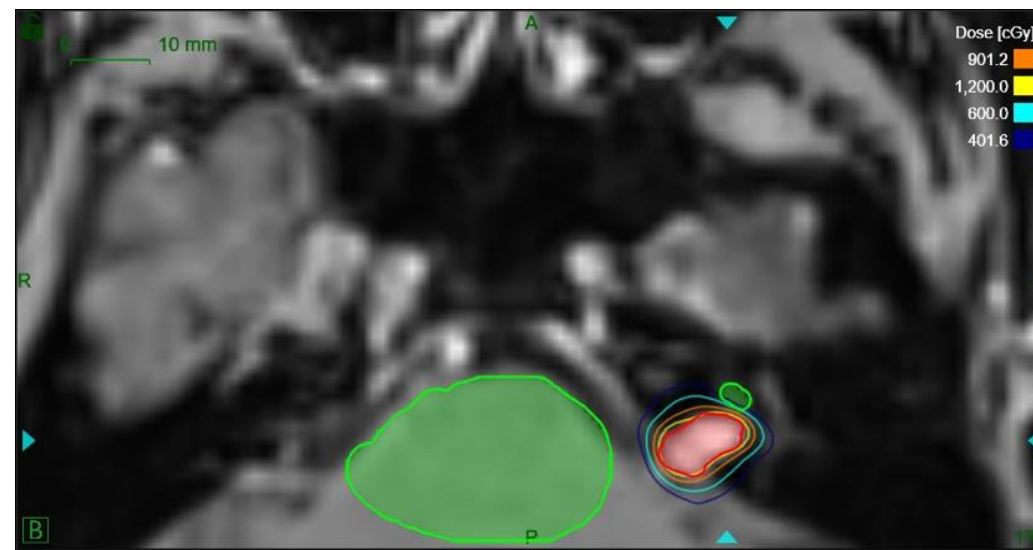
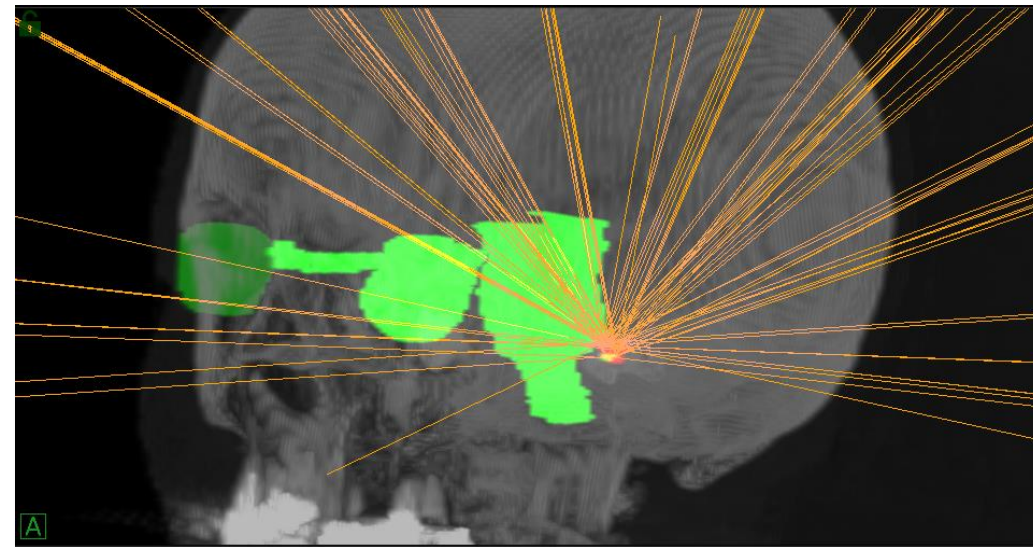
- ~10 perc tervezési idő
- ~30 perc leadási idő
- 1 izocentrum, 254 non-koplanáris nyaláb
- 0.07 cc agytörzs V12 Gy értéke



Klinikai esetek

ACOUSTIC NEUROMA

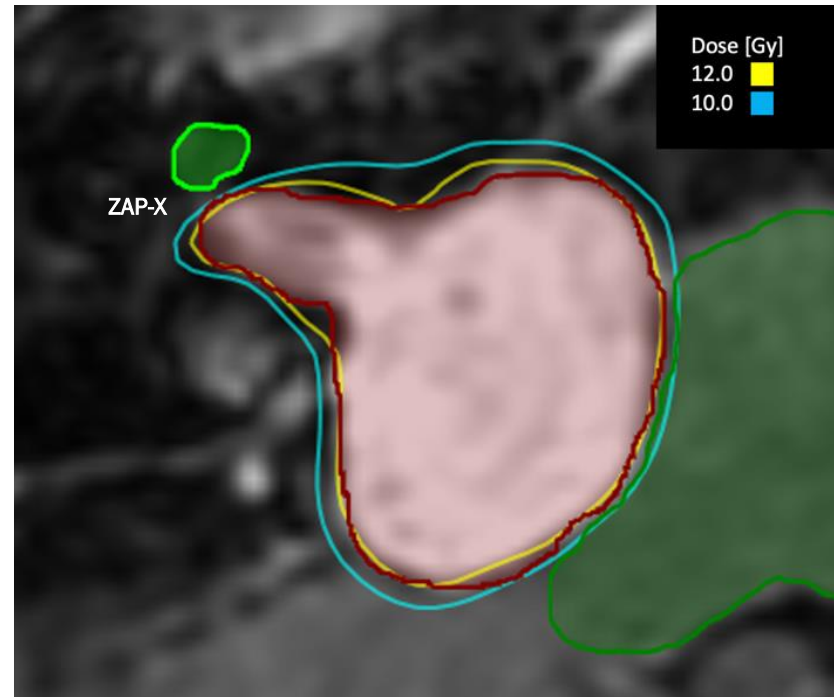
- ~15 perc tervezési idő
- ~40 perc leadási idő
- 12 izocentrum, 103 non-koplanáris nyaláb
- Conformality index: 1.13
- Cochlea átlagdózisa 2.5 Gy



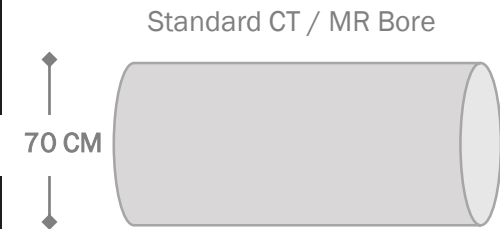
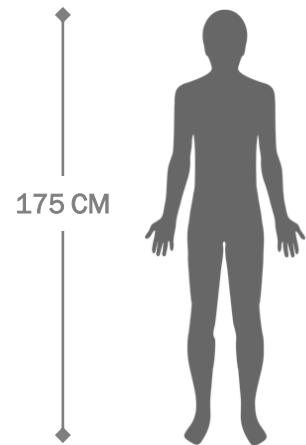
Klinikai esetek

ACOUSTIC NEUROMA

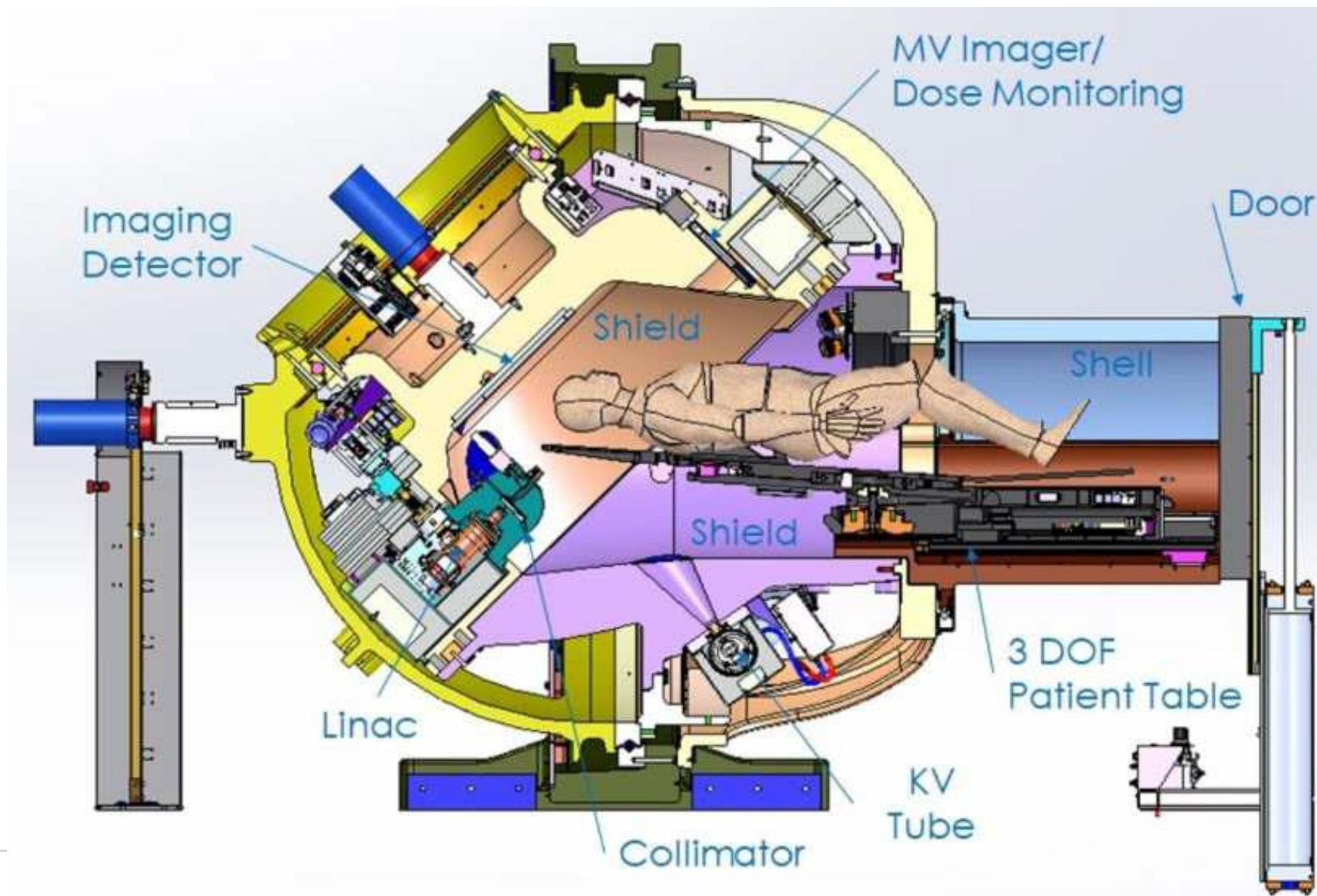
- Dózislefedettség:
 - 97.6% (ZAP-X) vs 96.5% (Co-60) @ 12Gy
- Agytörzs (V10Gy)
 - .04cm³ (ZAP-X) vs .07cm³ (Co-60) @ 10Gy
- Cochlea (átlagdózis)
 - 2.3Gy (ZAP-X) vs 6.7Gy (Co-60)



Betegkomfort

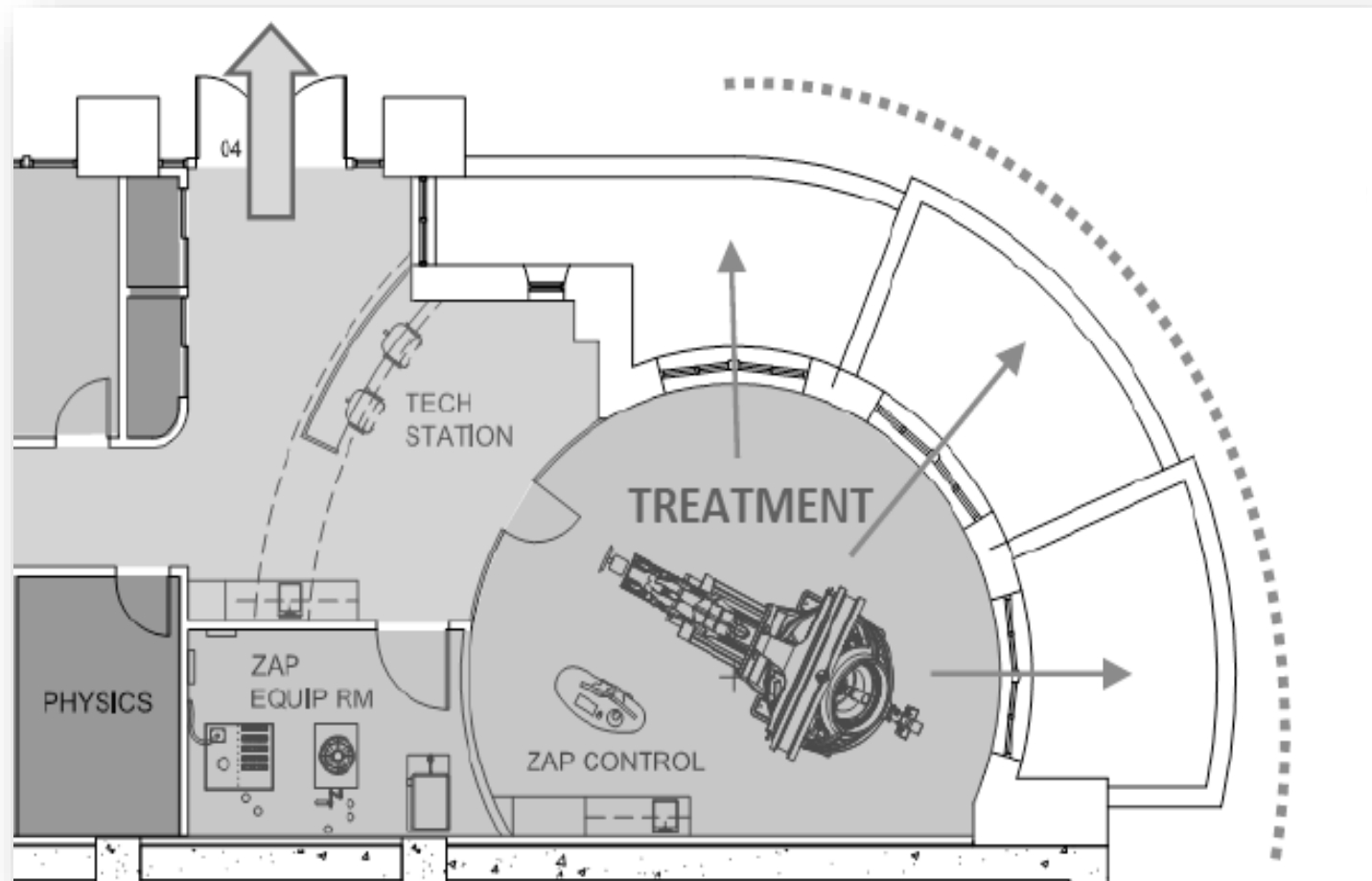


Platform áttekintése



Rendszer méretei

- Rendszer mérete:
 - 5.72m x 3.10m
- Rendszer tömege:
 - 27,500kg
- Kezelő helység minimum méretei:
 - 8m (l) x 6m (w) x 3m (h)
- Megerősített alap méretei:
 - 4.8m (l) x 2.4m (w) x 0.6m (d)
- Kiszolgáló helység minimum méretei:
 - 4.5m (l) x 2.5m (w) x 2.1m (h)



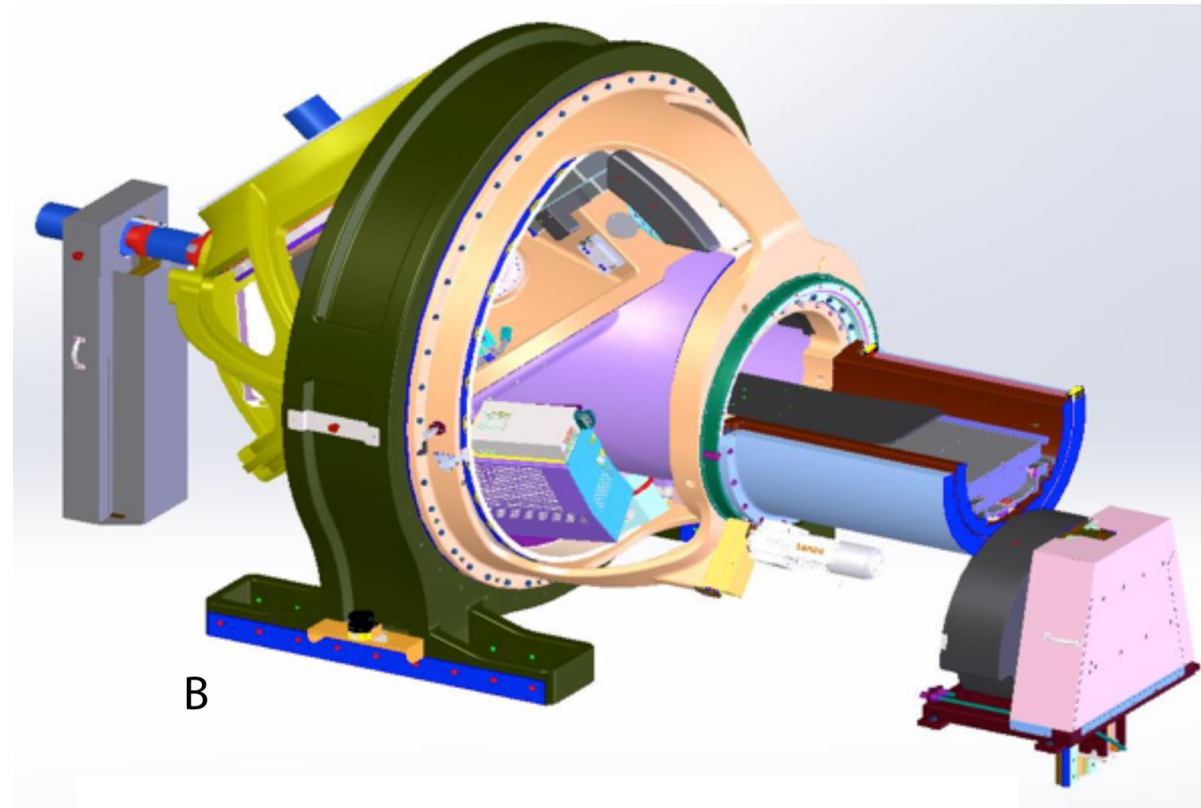
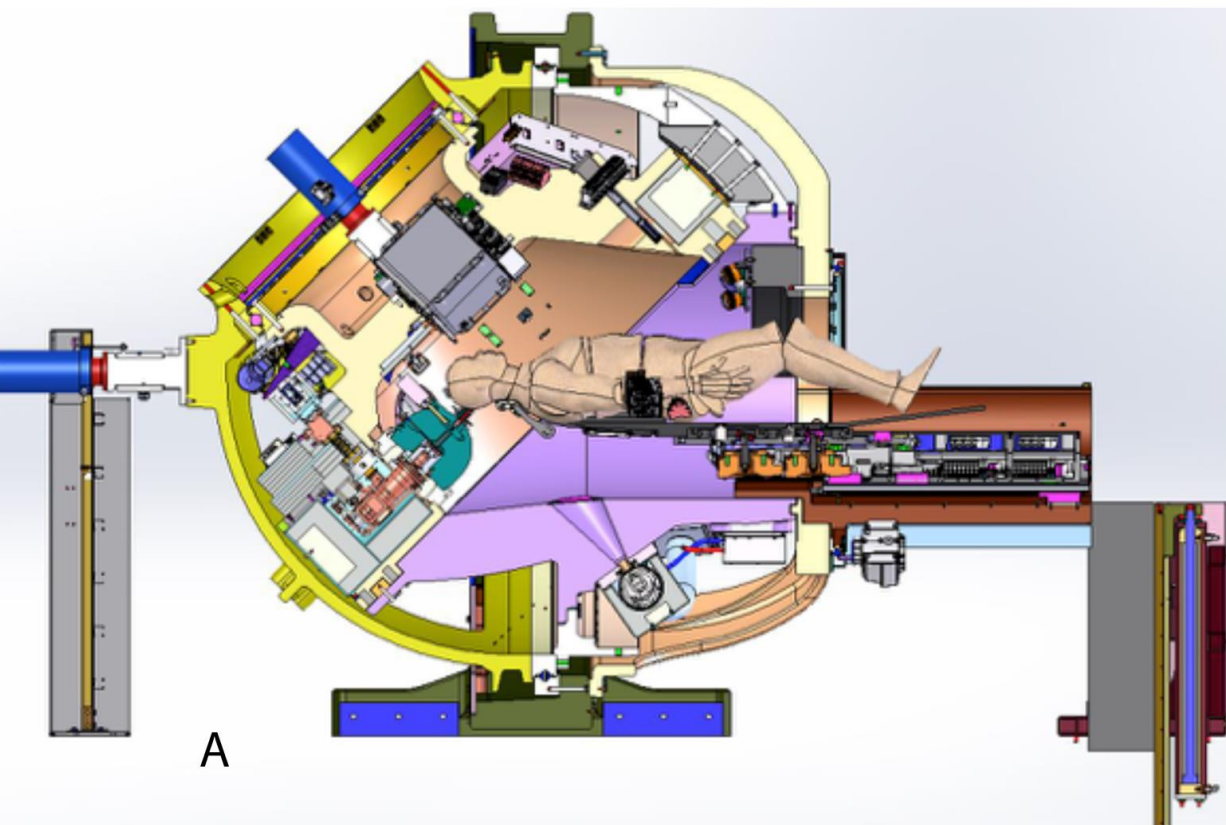
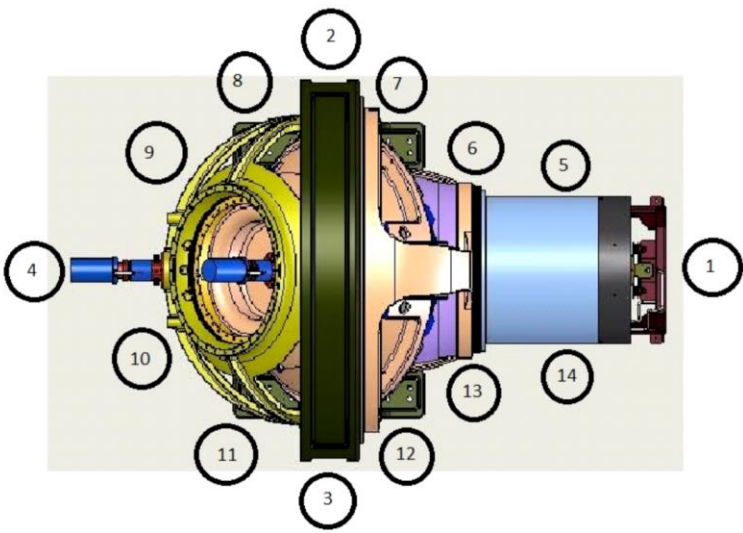


Figure 1: The Zap-X system and its shielding.

(A) Cross-sectional view of the Zap-X system; (B) Room's eye view of the Zap-X system.

Location #	Description of Stations	Beam pos.	mR/hr	U	D/C	Ann Dose (mSv)
15	Control Console	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
1	Left End of System	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
2	Left End of System	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
3	Left End of System	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
4	Left End of System	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
5	Left End of System	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
6	Left End of System	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
7	Left End of System	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
8	Left End of System	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
9	Left End of System	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
10	Left End of System	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
11	Left End of System	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
12	Left End of System	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
13	Left End of System	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
14	Left End of System	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078
15	Control Console	0.00	0.2	0.078	0.078	0.078



ZAP

Cumulative exposure measurements

For the treatment of plan-produced radiation dose, the cumulative exposure measurements are summarized in Table 2 below. 1.0 mSv is the maximum annual allowable limit for the public, while 50 mSv is the limit for radiation workers. For 2.7 MV accelerating potential, a quality factor of 1.0 was applied. The same assumptions of nine single-isocenter treatment plans with 20 Gy each and 250 working days per year were applied with 2250 annual treatments per year.

Station	Exposure (microR)	Annual Dose (mSv)
1	31	0.698
2	5	0.113
3	5	0.113
4	29	0.653
5	32	0.720
6	8	0.180
7	4	0.090
8	25	0.563
9	32	0.720
10	30	0.675
11	24	0.540
12	28	0.630
13	0	0
14	30	0.675
15 atop sphere	55	1.238

15
Control Console

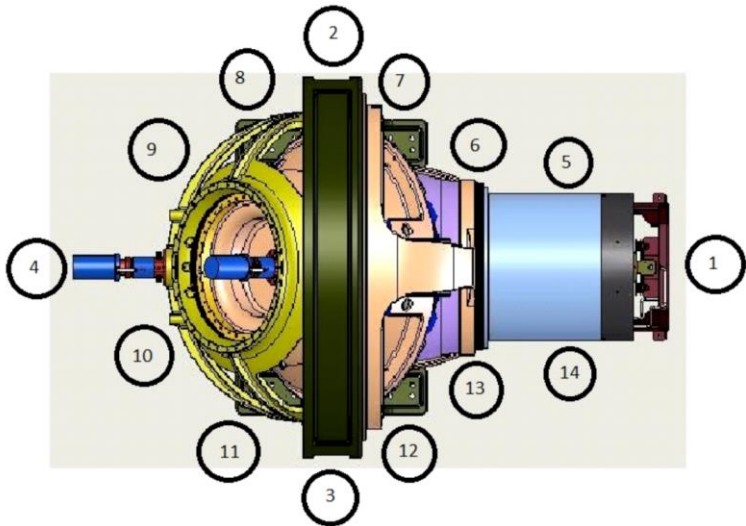


Table 2: Summary of accumulative exposure measurements.

**Köszönöm a
megtisztelő figyelmet!**

