



ÓBUDAI EGYETEM

**Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Elektronikai és Kommunikációs Rendszerek Intézet
Mikroelektronikai és Technológia Tanszék**

SZAKDOLGOZAT

**OE-KVK
2023**

Hallgató neve: **Bárkai Anikó**

Hallgató törzskönyvi száma: T010163/FI12904/K

Budapest, 2023



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Mikroelektronikai és Technológia Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Bárkai Anikó

Szakedolgozat száma: SZD2309290841215079

Törzskönyvi száma: T010163/FI12904/K

Neptun kódja:

Szak:

kórház- és orvostechnikai szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: Gyermekradiológia osztály fejlesztése a Bethesda Gyermekkórházban
Development of a pediatric radiology department at Bethesda Children's Hospital

A dolgozat címe angolul: Gyermekradiológia osztály fejlesztése a Bethesda
Gyermekkórházban Development of a pediatric radiology department at Bethesda
Children's Hospital

A feladat részletezése: Gyermekradiológia, mint központi radiológia szerepe az
egészségügyi szolgáltató működésében. Digitális röntgen berendezés, mint fejlesztési
beruházás lehetőségének vizsgálata. Röntgenmunkahely kialakítás orvostechnológia
feltételeinek elemzése. Hatósági engedélyezés

Intézményi konzulens neve: Halmi Lászlóné Dr.

A kiadott téma elévülési határideje: 2025. 12. 31.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2023. 12. 11.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

Halmi Lászlóné
belső konzulens

külső konzulens

Budapest, 2023. 12. 11.



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Elektronikai és Kommunikációs Rendszerek Intézet
Mikroelektronikai és Technológia Tanszék

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Bárkai Anikó hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2023. december 11.

.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK.....	3
ÁBRÁK JEGYZÉKE	5
1. BEVEZETÉS	6
2. BETHESDA GYERMEKKÓRHÁZ	9
2.1. Múlt	9
2.2. Jelen.....	11
2.3. Gyermekradiológiai osztály	15
3. RÖNTGENTECHNOLÓGIA, RÖNTGENTECHNIKA	17
3.1. Orvosi célú képalkotás	18
3.2. Képalkotó készülékek csoportosítása.....	19
3.3. Fizikai alapok	20
3.3.1. Röntgensugárzás keletkezése, tulajdonságai	20
3.4. Röntgenvizsgálatok fajtái.....	21
3.5. Röntgenkép keletkezése	21
3.5.1. Analóg módon történő képalkotás	22
3.5.2. Digitális módon történő képmegjelenítés	23
3.6. Digitális röntgen képalkotó berendezés rendszertechnikai felépítése.....	27
3.6.1. Röntgenső.....	27
3.6.2. Röntgenső vezérlése.....	30
3.6.3. Sugárnyaláb kontroll.....	31
3.6.4. Digitális detektor.....	31
4. RADIOLÓGIA OSZTÁLY ÉS RADIOLÓGIAI MUNKAHELY KIALAKÍTÁSÁNAK FELTÉTELEI.....	34
4.1. Radiológia osztályok kialakításának általános feltételei.....	34
4.1.1. Bethesda Gyermekkórház, Gyermekradiológiai osztály architektúrája ...	35

4.2.	Radiológiai munkahelyek telepítés feltételei	36
4.2.1.	Radiológiai munkahelyek telepítésének általános követelményei.....	36
4.2.2.	Beszállítási útvonal	37
4.2.3.	Radiológiai munkahelyek telepítés további szempontjai.....	37
5.	APOLLO DRF TÍPUSÚ RÖNTGENBERENDEZÉS TELEPÍTÉSE	39
5.1.	Átvilágító és felvételi röntgen munkahelyek megszüntetése	39
5.2.	APOLLO DRF típusú röntgenmunkahely telepítése	40
5.2.1.	Röntgenberendezés ismertetése	40
5.2.2.	Röntgenberendezés elhelyezése, tájolása	41
5.2.3.	Beszállítási útvonal	44
5.2.4.	Röntgenberendezés telepítése	44
5.2.5.	Röntgenmunkahely helyisége és kiegészítő helyiségek	45
5.3.	APOLLO DRF röntgenmunkahely orvostechnológiai feltételeinek elemzése	46
6.	HATÓSÁGI ELJÁRÁS, SUGÁRVÉDELEM	50
6.1.	Röntgenberendezés üzemeltetési engedély hatósági eljárása	50
6.2.	Sugárvédelem.....	53
6.2.1.	Sugárvédelmi körülmények a Bethesda Gyermekkórházban	53
7.	ÖSSZEFOGLALÁS	55
	IRODALOMJEGYZÉK	58
	TARTALMI KIVONAT.....	62
	SUMMARY	63

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra: Bethesda Kórház (Bartl villa) 1871	10
2. ábra: Járó- és fekvőbeteg szakellátás betegforgalmi adatainak alakulása	14
3. ábra: Wilhelm Röntgen első orvosi röntgenfelvétele felesége Anna Bertha Ludwig kezéről.....	17
4. ábra: Hagyományos röntgenkészülék működési elve.....	22
5. ábra: Részleges digitalizáció foszforlemez rendszer.....	24
6. ábra: IDRD: a-Si Flat Panel.....	25
7. ábra: Energia Integráló Detektor	26
8. ábra: Röntgenső főbb részei.....	27
9. ábra: Kétfókuszú röntgenső katódcsálai	28
10. ábra: Röntgenső és részei.....	29
11. ábra: Röntgenső védőburkolata és sugárvédelme.....	29
12. ábra: Vectron röntgenső.....	30
13. ábra: Foton számláló detektor	32
14. ábra: OREL I. és OREL TXi röntgenmunkahelyek	39
15. ábra: Kétmunkahelyes röntgenberendezés bontása	40
16. ábra: APOLLO DRF típusú röntgenberendezés.....	41
17. ábra: Röntgenmunkahely elrendezési vázrajz - tervezet	42
18. ábra: Röntgenmunkahely végleges elrendezési vázrajza	43
19. ábra: Láda méret jegyzék.....	44
20. ábra: Áttekintőablak árnyékolás védelme	46

1. BEVEZETÉS

Témaválasztás indokolása

Az egészségügy sokunk számára – amennyiben nem ebben a szektorban tevékenykedünk naponta, illetve nem vagyunk kellőképpen nyitottak – mást és mást jelent, mindamellett, hogy létezik erre a szóra egzakt definíció is. Azonban még mielőtt elvesznék a definíciók világában és elkanyarodnék témaválasztásom bemutatásának eredeti céljától, fontos leszögezнем, hogy több mint 10 éve, 2011-ig addig, amíg el nem helyezkedtem a mai kórházfenntartó előd intézménynél a **Gyógyszerészeti Egészségügyi és Szervezetfejlesztési Intézet** (a továbbiakban: **GYEMSZI**) Üzemeltetési és Közbeszerzési főosztályán, sejtelmem sem volt arról, hogy az egészségügyi ellátórendszer működése, annak fenntartása attól sokkal bonyolultabb és összetettebb, mint azt addig kívülállóként gondoltam.

2011. őszén a kórházak állami tulajdonba vétele elkezdődött. Első körben a fővárosi kórházakkal, majd fokozatosan a megyei, illetve önkormányzati kórházak átvételével folytatva. Az un. „kórházállamosítás” során több Operatív Program jogutódlással átkerült a **GYEMSZI**-hez, így azok közül néhány orvostechnika eszközbeszerzés megvalósítását végig követhettem. Voltak olyan projektek, amelyeknél újabb és újabb közbeszerzési eljárást kellett kiírni, nem megfelelő műszaki tartalom miatt és több esetben műszaki szakértő bevonása vált szükségessé. Mérnökként és közbeszerzési szakértőként többször felmerültek bennem kérdések, hogy mi okozza/okozhatta az effajta hiányosságokat. Miért nem gondolták át és mérték fel a megvalósítás buktatóit a Kórházak. Nem megfelelőek a kompetenciák vagy az idő rövidege vagy a forráshiány, ami befolyásolhatta a projektmegvalósítás eredményességét...?

Egyes esetekben vissza lehetett vezetni a műszaki, szakmai tartalom előkészítés hiányosságát, ami beszerzés technikailag a legkockázatosabb pontja a közbeszerzésnek. Más projektek jellege pedig támogatás elszámolhatóság szempontjából nem volt megengedő, miszerint árubeszerzésnél például egy nagyértékű orvostechnikai eszköz – például az MRI berendezés - beszerzése kapcsán, egy új munkahely kialakítása az adott

projektből nem volt finanszírozható. A hiányzó forrás megteremtése korlátozottan állt rendelkezésre kormányzati fenntartás mellett is, így sajnos több projekt csak időben később tudott megvalósulni.

Akkor felvetett kérdéseimre, közel 10 év után kaptam választ személyes megtapasztalásom útján, jelenlegi munkahelyemen a Bethesda Gyermekkórházban egy multifunkcionális röntgen berendezés beszerzésével kapcsolatosan. 2020 évvégén rendkívül rövid határidő állt rendelkezésre az Intézménynek arra, hogy az év végi konszolidáció keretében egyéb más beszerzés mellett a Gyermekradiológiai osztályon addig működő régi röntgenberendezéseket kiváltó korszerű digitális röntgenberendezést beszerezze. A projekt részben volt előkészítve. A fedezet rendelkezésre állt ugyan, de az Intézménynek annak teljes mértékére, legkésőbb az év utolsó napjáig kötelezettséget kellett vállalnia. Ellenkező esetben ez a pénz „elvész” és továbbiak nem lehet felhasználni és visszakerül a központi költségvetésbe. Az adódó lehetőséget kihasználva a lehető leggyorsabban kellett cselekedni és meghozni a leghatékosabb döntést.

A dolgozat témafeldolgozása

Előzőekben kifejtettek inspiráltak arra, hogy foglalkozzam ezzel a kérdéssel egy kicsit mélyebben szakdolgozat témakidolgozás keretében, némi rálátást adva arra, hogy miként lehet ilyen helyzetekben „tökéletes” megoldást találni a szabályozottság mentén azt többé-kevésbé betartva.

Témám a Bethesda Gyermekkórház Gyermekradiológiai osztályának fejlesztésével összefüggésben egy új digitális röntgen berendezés telepítés folyamatának szemléltetése, új röntgenmunkahely kialakítás építészeti, orvostechnológiai elvárásainak elemzése.

A Gyermekkórház a gyorsan fejlődő orvostudományhoz való alkalmazkodás, valamint a röntgentechnika területén történt digitális rendszerek rohamléptekben történő fejlődése arra ösztönözte, hogy a 2008. év elején üzembehelyezett, OREL I. átvilágító és OREL TX-i típusú felvételi röntgenberendezéseket, modernebb berendezésre cserélje.

Dolgozatom első részében betekintést nyújtok a Bethesda Gyermekkórház múltjába és mint egészségügyi szolgáltató jelenlegi működésébe, ellátási tevékenységébe, majd a

járó- és fekvőbeteg szakellátás szempontjából elhelyezem az egészségügyi ellátórendszerben és definiálom, mint kórház. Ebben a környezetben bemutatom a Gyermekradiológia osztályt, kifejtem feladatát és szerepét a kórház működésében.

Röntgentechnológia, röntgentechnika keretében – a röntgenkép kialakulás elvének megértése érdekében fizikai alapok alatt áttekintem a röntgensugár keletkezését, bemutatom fontosabb tulajdonságait. Definiálom az orvosi célú képalkotást és jellemzőit, csoportosítom a képalkotó készülékeket és áttekintem a röntgenvizsgálatok fajtáit. Az orvosdiagnosztikai képalkotás fejlődéstörténeti áttekintés kapcsán az analóg módon történő képalkotás mellett a digitális módon történő képmegjelenítést is szemléltetem majd bemutatom a digitális röntgen képalkotó berendezés rendszertechnikai felépítését.

Szakdolgozatom legfőbb fejezete a megvalósulás idejében érvényes normatív környezetben egy meglévő röntgen munkahely átalakításának és az új röntgenmunkahely kialakításának folyamatával foglalkozik. Ennek során megvizsgálom, esetenként rámutatok építészeti, műszaki, valamint orvostechnológia területen, milyen kérdések és hiányosságok nehezítik egy új röntgenberendezés telepítés folyamatát. Célom az ábrázolt hiányosságok elemzése.

Végül kitérek a röntgenberendezés telepítés engedélyezési eljárás folyamatára és a sugárvédelem fontosságára.

2. BETHESDA GYERMEKKÓRHÁZ

A Bethesda Gyermekkórház a közép-európai régióban egyedüli egyházi fenntartású gyermekórház, 18 éves korig a legfontosabb gyermekbetegségek ellátásával foglalkozik.

2002-től itt működik a kiemelt, speciális ellátást igénylő égési sérült gyermekek részére létrehozott legmagasabb szintű gyermek égésplasztikai sebészet, a legmodernebb Égéssérült Gyermekeket Ellátó Országos Központ.

A kórház falai között mindig is gyógyító ellátás folyt és ez a múltból hozott örökség – a holisztikus szemléletű gyógyítás - ami igazán különlegessé teszi a Bethesdát.

Ebben a fejezetben röviden a Bethesda Gyermekkórház történetét ismertetjük, összefoglalva a múlt és jelen eseményeit.

2.1. Múlt

A Bethesda Gyermekkórház története a Bethesda Kórház történével kezdődött. Közvetve egészen a XIX. század közepére nyúlik vissza, amikor Pest iparosodásával egyre több németajkú telepedett le a városban, akik **1863-ban megalapították a Pesti Református Egyházközség Németajkú Leányegyházat.** Ez a közösség hamar felismerte a pesti egészségügy hiányosságát és úttörő szerepet töltött be, valamint mintaként szolgált a pesti polgárok számára sok szociális, ifjúsági és diakónia kezdeményezésben. [8]

A Bethesda Kórház valódi előtörténete, azonban Bakody Tivadar főorvoshoz kapcsolódik, aki ennek a németajkú közösségnek szegényebb tagjait ingyen kezelte. A gyülekezet nem sokáig gondolkodott és e nemes tett indíttatására közel 2 éves előkészületet követően, és jelentős összegű adománnyal **1866. január 1-jén a Bethesda Kórház megnyitotta kapuit a betegek előtt és a Leányegyházközség közel 50 évig működtette,** akkori helyén a terézvárosi Rózsa utcában. A gyógyítás során homeopátiás módszereket alkalmaztak alapul, míg az ápolás szakszerű elvégzését Németországból érkezett diakonisszák végezték. [8]

Közel 40 év eltelte után – a nyelvi különbség nehézségeiből adódóan – megalakult az első magyar diakonissza egyesület, akik 1951-ig működtették a kórházat. **A Bethesdában már ebben az időben is országosan elismert gyógyító tevékenységet folytattak.** [9]

Az utolsó diakonisszák a Gyermekkorház közelében lévő Szeretetotthonban élnek és rendszeresen járnak a valamikori diakonisszák házába, és mesélnek a múltban végzett tevékenységükről.

Amikor a diakonissza egyesület a Rózsa utcai épületet - a mai Andrássy út építése miatt - 1871-ben eladni kényszerült, a **Városliget szélén a Herminamezőn nyílt lehetőség a Bartl-villa (Lásd: 1. ábra) megvásárlásával egy nagyobb korszerűbb kórház létesítésére.** [8]



1. ábra: Bethesda Kórház (Bartl villa) 1871

Forrás A Bethesda története I. <https://reformatus.hu/egyhaziunk/hirek/a-bethesda-tortenete-i/>
(Utolsó letöltés: 2023.10.22.) [8]

A kórházépületet utoljára 1891-ben bővítették. Ekkor a legrégebbi épületrészt az un. Hungária körúttal párhuzamos szárnyat - Bartl Villát - egy nyaktaggal kötötték össze a Bethesda utca felőli új épületszárny megépítésével. **Ezzel az épületegyüttes, építészetiileg elnyerte jelenlegi külső formáját.**

Az épület tartófalai és válaszfalai kisméretű téglákból készültek. Az épület meglévő födém szerkezete porosz süveg födém, salak feltöltéssel. Az épület kialakítása az akkoriban jellemzően végzett gyógyító tevékenységre alapult és annak belső struktúráját is eszerint alakították ki.

2.2. Jelen

A kórház további története – kapcsolódva a jelenhez, visszanyúl az 1953-as évig, amikor államosítják a kórházat és felveszi az Apáthy István nevet.

A rendszerváltás idejében a Magyarországi Református Egyház az - akkorra már további kettő különálló épülettel bővült - épületegyüttesre igényt tartott és **1992. július 1-jétől az Intézmény ismét egyházi fenntartás alá kerül**, az államosítás után kialakult gyermek kórházi profilt megtartva. [10]

A kórház feladata az alaptevékenység ellátásban az ország egész területéről a gyermek lakosság fekvő- és járóbeteg szakellátása, amely **csaknem minden orvosszakmai területen megmutatkozik**, mint a:

- általános csecsemő- és gyermekgyógyászatban,
- sebészeti ellátásban,
- sürgősségi ellátásban,
- fül-orr-gégészeti ellátásban,
- aneszteziológia és intenzív terápiában,
- kiemelten égés sérült gyermekeket gyógyító országos központ és intenzív részleg működtetésében,
- országos szintű gyermekrehabilitációban, valamint
- határon túl is elismert mentálhigiénében.

A kórház jelenleg összesen 256 db aktív kórházi ágyszámmal rendelkezik, amelyből 42 db krónikus, 11 db intenzív, 6 db sürgősségi, valamint 32 db rehabilitációs ágy.

Az Intézményben 2022. évben összesen 8 874 fekvőbeteg és 175 744 járóbeteg láttak el, különböző progresszivitási szinteken.

Az egészségügyiellátás különböző **progresszivitási szinteken történik**, tehát a fekvő- valamint járóbeteg **szakellátásban az ellátási szintek fokozatosan emelkedő un. progresszív kapcsolatban vannak egymással**. De mit is jelent ez a szó, progresszivitási szintek?

A szó jelentésének megértéséhez az Állami Egészségügyi Ellátó Központ (ÁEEK) Egészségtudományi Fogalomtárát kértük segítségül a „**Progresszivitási szintek**”, fogalomnál, amely a következő definíciót adja meg: *„A progresszivitási szintek a betegségek gyakorisági eloszlásából fakadó ellátórendszeri sajátosság, miszerint a gyakoribb - és többnyire egyszerűbb - eseteket az ellátórendszer alacsonyabb szinten szervezett (a beteg lakóhelyéhez közeli) egységekben látják el. A ritkább és többnyire bonyolultabb eseteket viszont központosított (területi, megyei, regionális, országos) intézményekbe irányítják. Magyarországon a legalsó szintet az alapellátás, a legfelsőbb szintet az országos intézetek és egyetemi klinikák jelentik.”*¹ [13]

Az előző bekezdésben leírtakat folytatva és a progresszivitási szinteket tovább elemezve abból a nézőpontból, hogy miért is fontos egy egészségügyi szolgáltató szempontjából ennek meghatározása, erre a kérdésre az *egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről* szóló 60/2003. (X. 20.) Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium Rendelet (továbbiakban: **Minimumrendelet**) ad iránymutatást, miszerint minden orvosi szakmák tekintetében **a Minimumrendelet 2. melléklete elsődlegesnek a progresszivitási szinteket tekinti** és eszerint határozza meg külön-külön **az egészségügyi szolgáltatáshoz elengedhetetlenül szükséges** személyi és tárgyi minimumfeltételeket. [15]

A **Minimumrendelet** – ha egyszerűen meg kellene határozni, akkor egy hatalmas mátrixhoz hasonlítható, ahol egyéb más feltételek mellett a progresszivitási szintek szempontjából definiálásra kerültek **egyes egészségügyi szakmáktól független, illetve szakmaspecifikus személyi és tárgyi minimumfeltételek**. [14] [15]

¹ ÁEEK Egészségtudományi Fogalomtár: Progresszivitási szintek fogalma, https://fogalomtar.aEEK.hu/index.php/Progresszivit%C3%A1si_szintek (Utolsó letöltés: 2023.10.23.)

„A szabályozás szerint a járóbeteg szakellátás progresszivitási szintjei a következők:

- I. szint: szakrendelés,*
- II. szint: szakambulancia,*
- III. szint: rendelőintézet, nappalikórház.*

Fekvőbeteg szakellátás progresszivitási szintjei:

- I. szint: városi kórház,*
- II. szint: megyei kórház, térségi kórház,*
- III. szint: regionális központok, országos intézetek, egyetemi klinikák.*

Míg a Minimumrendelet a képalkotó diagnosztika és radiológia terápia esetében integrált ellátási szinteket határoz meg:

- iR-1 szint: városi kórház,*
- iR-2 szint: megyei ellátási központok (megyei kórház),*
- iR-3 szint Térségi progresszív központok.”² [15]*

A Bethesda Gyermekkórház érvényes működési engedélye szerint a **járóbeteg szakellátás** valamennyi orvosi szakma esetén **általános járóbeteg szakellátás vagyis I. szinten működik.** Ez alól **kivétel a gyógytorna, illetve a rehabilitációs medicina alaptevékenységek,** esetükben **II. progresszivitási szintű** az ellátás. **Fekvőbeteg szakellátásnál** - az egyes orvosi szakmák tekintetében, közel egyforma eloszlásban, **II. és III. szintű** az ellátás.

Miután több szemszögből is megvizsgáltuk a kórház működési feltételeit, így ezen információk mentén továbbiakban azt szemléltetjük, hogy milyen szempontok alapján lehet definiálni a Gyermekkórházat.

A minimális ágyszám alapján a Bethesda Gyermekkórház kis kórháznak minősül.

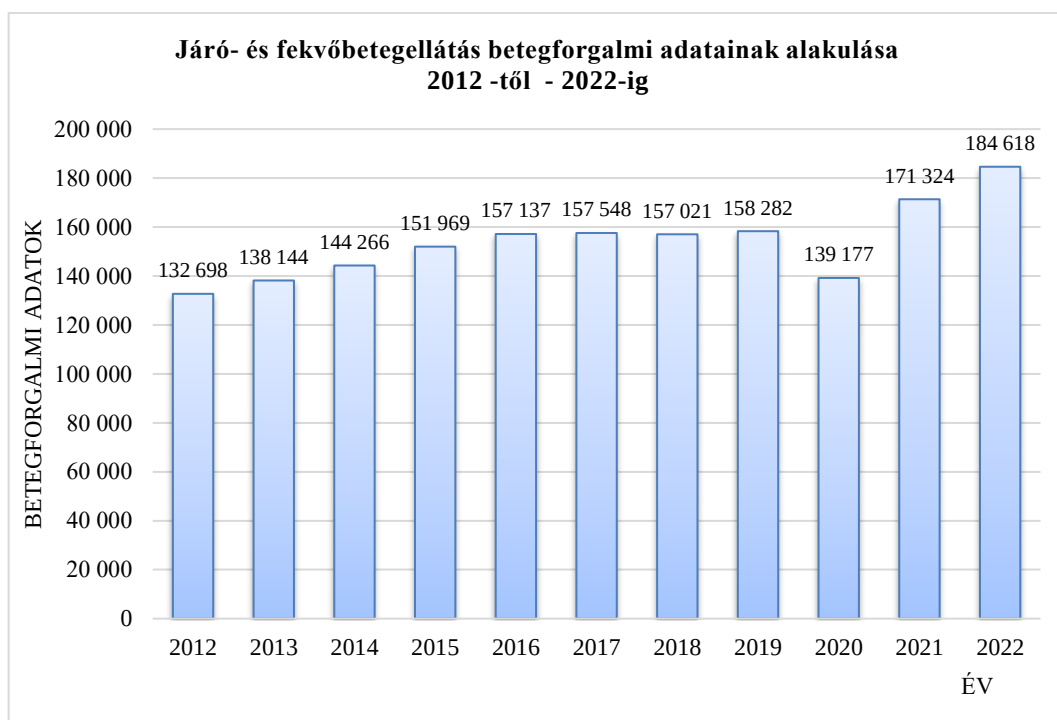
² Magyar Mérnöki Kamara Egészségügyi – Műszaki Tagozata (FAP - 1/2015/1.) Az egészségügyi „minimumrendelet” legújabb módosításainak (2013-2015) értelmezése és magyarázata az egészségügyi létesítmények tervezésének felhasználásához. (összeállította Dr. Forgács Lajos) Budapest, 2015. szeptember <https://www.mmk.hu/tagjainknak/segedletek/fap#egeszsegugyi-muszaki> (Utolsó letöltés: 2023.10.23.)

Területi ellátási szinteket nézve járóbeteg szakellátást többnyire szakrendelők, illetve szakambulanciákon keresztül látja el. Fekvőbeteg szakellátás területén térségi kórház és egyes orvosi szakmák esetén országos intézetként funkcionál.

Tulajdonviszonyát tekintve egyházi tulajdonban lévő kórház, a Magyarországi Református Egyházon belül működő önálló jogi személy.

Épületegyüttest tekintve **a kórház építészeti kialakítása, pavilon rendszerű.**

A kórház alaptevékenység ellátásából adódóan, **működéséhez szükséges finanszírozás nagyobb részét a Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő a járó- és fekvőbeteg szakellátási tevékenység igénybevételenek teljesítményszámlása alapján biztosítja.** Az egészségügyi ellátás finanszírozási rendszere egy bonyolult teljesítményszámláson alapul és jelen dolgozatnak nem célja ennek a rendszernek bemutatása.



2. ábra: Járó- és fekvőbeteg szakellátás betegforgalmi adatainak alakulása
2012-től 2022-ig a Bethesda Gyermekkórházban
Forrás: Saját szerkesztés

Azonban a finanszírozás mértékének alakulása a kórház működésére kétségtelenül az egyik legfontosabb jellemző, amely jól szemléltethető a járó- és fekvőbeteg szakellátási

tevékenységet mutató betegforgalmi adatokkal is, ezt illusztrálja a **2. ábra**, ahol a 2012 - 2022 évek betegforgalmi adatok szerepelnek.

Az adatok azt mutatják, hogy az elmúlt 10 év alatt az ellátottak számát nézve folyamatos volt az emelkedés. A vizsgált időszak végére az esetszám 51 920 számmal emelkedett 2012 évhez viszonyítva, ami megközelítőleg 39%-os betegforgalomnövekedést eredményezett az Intézmény ellátásában. Ezzel hasonló mértékű változás mutatkozott a kórház teljesítényfinanszírozásban is, azonban ez a szintű emelkedés a Gyermekkorház teljes működésének finanszírozásához továbbra sem elegendő, így az Intézményben folyó munkát a kórház helyzetéből fakadóan gyülekezetek, egyházi közösségek kiemelten támogatják.

A beruházások, fejlesztések és felújítások finanszírozása többnyire tulajdonosi, fenntartói támogatásból valósulnak meg, vagy nagyon kis mértékben központi forrásból kapott támogatásból. A kórháznak saját bevétele a működési bevételekhez viszonyítva nem számottevő. [11]

2.3. Gyermekradiológiai osztály

A Gyermekradiológia osztály a Gyermekkorház betegforgalmi adatait és a közel 50 különböző szakambulancia esetszámait nézve, az egyik legnagyobb betegforgalmú osztály. **Az egészségügyi szakellátást iR-2 ellátási szintű Radiológia szakrendelésen, valamint iR-1 ellátási szintű UH diagnosztikai szakrendelésen biztosítja.**

Az osztály járó- és fekvőbeteg szakellátása során képalkotó módszerekkel ionizáló és nem ionizáló (például: ultrahang) eljárásokkal radiológia vizsgálatokat végez. Továbbá képi diagnosztikai eljárások alkalmazásával tanácsadási feladatokat lát el, valamint képalkotó módszerek felhasználásával bizonyos területeken intervenciót végez.

A **Minimumrendelet** a Gyermekradiológia 0510 szakmakód alatt úgy rendelkezik, hogy a gyermekradiológiai ellátás a magas költségigényű műszerpark miatt a felnőtt ellátáshoz illeszkedve működtethető, melyhez legalább, 1 fő radiológus szakorvos gyermekradiológus szakorvos, valamint szakdolgozó: röntgen asszisztens/röntgen szakasszisztens szükséges. További minimumfeltételeket a Képalkotó diagnosztika és

radiológiai terápia alá besorolt 5100 Röntgendiagnosztika, valamint 5301 Teljeskörű ultrahang diagnosztika szakmakódok tartalmazznak, különböző integrált ellátási szinteken, melyben a személyi (röntgen szakorvos, röntgen asszisztens) és tárgyi (helyiségek, gépek műszerek berendezések, sugárvédelmi eszközök, archiválás) feltételek részletes meghatározása található.[14]

Az osztályon egy UH vizsgáló helyiség, valamint 2 db radiológiai munkahely került kialakításra. Az ellátást 5 fő radiológus szakorvos és 5 fő röntgen asszisztens biztosítja.

Az osztály ellenőrzése alá összesen 6 db röntgenberendezés tartozik, amelyekből közvetlenül 1 db felvételi és 1 db felvételi – és átvilágító röntgenberendezés közvetlenül az osztályon működik. Más betegellátóosztályokhoz kapcsolódóan a Sebészeti osztály műtőiben 1-1 db C-íves sebészeti képerősítő, az Aneszteziológiai és intenzív terápiás osztályon 1 db mobil röntgen, valamint a Fül-orr-gégészeti műtőben 1 db intraorális fogászati röntgenberendezés üzemel.

A betegforgalmi adatok alapján, 2022-ben a Radiológia- és az UH diagnosztika szakrendelő összesen 19 280 esetet látott el.

Ebből csak a **Radiológia szakrendelésen 11 852 beteget regisztráltak**, amely a kórház éves **teljes betegforgalmának közel 7%-a**. Az esetszámok alapján a szakrendelésen naponta átlagosan **32 vizsgálatot** végeznek el, amely a kórházi ügyeleti napokon akár 60 röntgenvizsgálatra is megemelkedhet. Ez a vizsgálati szám a kettő radiológiai munkahely vonatkozásában is rendkívül magasnak tekinthető. Az ott dolgozók munkája nagyon megterhelő egyrészt a speciális munkakörülmények miatt, másrészt annak ellenére, hogy a legmodernebb digitális technikával rendelkező röntgenberendezésekkel végzik a vizsgálatok egy részét, ezzel még a felvétel elkészítés ideje nem csökken. Gyermekeknél többnyire a felvételek készítése mindig hosszabb időt vesz igénybe a felnőtt vizsgálatokkal szemben, mivel babzsákokkal vagy szivacsokkal kell kibiztosítani a kisbeteget vagy legvégső esetben hozzátartozó bevonásával és annak védőruhával való ellátása mellett lehet elvégezni a vizsgálatokat.

3. RÖNTGENTECHNOLÓGIA, RÖNTGENTECHNIKA

Minden évnek, akár évtizednek megvannak a maga hóbortjai, felkapott divatjai. Így volt ez Nagy-Britanniában is, amikor a XIX. század végén szórakoztató divatnak számított a röntgensugár. Ismerve a röntgensugár tulajdonságait, ez szinte elképzelhetetlen a mai ember számára, de a korabeli 1896-os híreket áttekintve mindez valóság volt, miután **Wilhelm Conrad Röntgen német fizikus (1845-1923) 1895-ben** légritkított kisülési csövek vizsgálata közben **felfedezte a röntgensugárzást**, amit „X-ray” nevezett el, majd **elkészítette feleségének kezéről az első röntgenfelvételt** (Lásd: 3. ábra). [17] [18]



3. ábra: Wilhelm Röntgen első orvosi röntgenfelvétele felesége Anna Bertha Ludwig kezéről

forrás: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:First_medical_X-ray_by Wilhelm R%C3%B6ntgen_of_his_wife Anna Bertha Ludwig%27s hand - 18951222.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:First_medical_X-ray_by_Wilhelm_R%C3%B6ntgen_of_his_wife_Anna_Bertha_Ludwig%27s_hand_-_18951222.jpg)
(utolsó letöltés:2023.11.13.) [26]

1896-ban a fluoroszkóp feltalálását követően az emberek vásárolhatták vagy akár maguk is megépíthették a saját röntgenkészüléküket és ennek abban az időben, legalább akkora divatja volt, mint a 2000-es évek legelején megjelent mobiltelefonoknak. Míg a

mobiltelefonok a mindennapi életünké váltak, úgy a saját röntgenkészülék őrület hamar alábbhagyott. Az embereket egyszerűen lenyűgözte az az új eléjük kerülő látvány, hogy saját kezeiket – főképp gyűrűkkel teli csontváz ujjukat – valós időben nézegethetik. [17] [18]

A szórakoztató újdonság közel egy évig sem tartott Sylvia Pamboukian, viktoriánus tanulmányok doktor által írt cikke szerint. Hamar rájöttek a rajtuk kialakult égési sérülések alapján, illetve állatkísérletek útján a sugárzás ionizáló és romboló biológia hatására. [17]

A divatos hóborttal egyidőben, azonban megjelentek a röntgensugárzás orvosi felhasználásról, orvostudomány területén való alkalmazásának jelentőségéről szóló cikkek is.

Wilhelm Conrad Röntgen felfedezése természetesen attól sokkal áttörőbb volt annál, hogy az emberek ebből „divatot” csináljanak. Röntgen találmánya szinte futótűzként terjedt el az egész világon. **Találmánya minden kétséget kizáróan az orvostudomány számára vált meghatározóvá**, hiszen az orvosok az emberi test boncolásán kívül addig nem láttak be élő emberi szervezetbe és nem láthattak be az emberi test belsejében történő folyamatokra sem. **A felfedezésével egyszerre vált láthatóvá mindaz, ami addig láthatatlan volt számukra és abban az időben ez volt maga az orvosi csoda.** A röntgen képalkotás sokáig uralta a képalkotó diagnosztika területét és közel 50 éven keresztül egyedüli volt.

3.1. Orvosi célú képalkotás

Az orvosi célú képalkotás **egy olyan fizikai folyamat**, amelynek során **az anyag és az energia között állandó kölcsönhatás és kicserélődés áll fenn**. A diagnosztikai képalkotás alapelve, hogy az energiaforrásból energiát (például: röntgen, gamma, rádió, ultrahang) juttatunk az emberi testbe, majd a testből érkező megváltozott energiát érzékeljük. Az energiának minden esetben az emberi testen át kell hatolnia és a test belső struktúráival kölcsönhatásba kell lépnie. **A képalkotó módszereknél alkotott kép, ezen kölcsönhatásból keletkezik.** [3]

A képalkotás egy olyan diagnosztika eljárás, melynek során az emberi szervezet valamely részéről annak felépítéséről és működéséről lényeges információkat kapunk szemmel láthatóan. [2]

*A képalkotó eljárás segítségével tehát képi formátumban jelenik meg a vizsgált testtáj, szerv, mely kép alapján az orvostudomány jelenlegi szintjén diagnózis állítható fel, illetve más eljárások alapján feltételezett diagnózis helyessége támasztható alá, vagy zárható ki.*³ [19]

A diagnosztikai **képalkotások közötti különbsége** a módszerek során alkalmazott **különböző energia fajták alkalmazásából adódik**, mivel azok kölcsönhatása az emberi szövetekkel más és más. Az energiafajták anyaghoz, illetve nem anyaghoz kötöttek. A nem anyaghoz kötött energiatípus a sugárzás, mely az ultrahang kivételével minden képalkotó vizsgálatnak az alapja. Létezéséhez nem kell anyag, de anyagban keletkezik és az energiát anyagból anyagba szállítja. [3]

3.2. Képalkotó készülékek csoportosítása

A **képalkotó készülékek** az elektrofizikai eszközök mellett az elektrodiagnosztikai eszközök másik nagy csoportját képezik. [16]

Két nagy csoportba oszthatók, ionizáló sugárzással, valamint nem ionizáló sugárzással működő készülékek. [16]

Az ionizáló sugárzással működő készülékek közé tartoznak a hagyományos és digitális röntgenberendezések, melyek alapvető funkcióit tekintve azonos jellegűek.

„Ezek a sugárzás előállítása (generátor-funkció), az áthatoló (vagy visszavert) sugárzás intenzitás gyengülésének érzékelése (detektor-funkció), metszeti kép előállítása (computer funkció), a megfelelő képminőség biztosítása (elektronika funkció), diagnosztikailag értékes kép szemléltetése (monitor funkció vagy

³ ÁEEK Egészségtudományi Fogalomtár: Orvosi képalkotó eljárás,
https://fogalomtar.aEEK.hu/index.php/K%C3%A9palkot%C3%B3_elj%C3%A1r%C3%A1s (utolsó letöltés: 2023. 10.31.)

regisztrálás/nyomtatás/filmezés), a szemlélt kép orvosi szempontból történő diagnosztikai értékelése (szubjektív funkció, de a továbbítást tekintve információs technikát érintő funkciója van), valamint a kapott képek tárolása, megőrzése (archiválás).”⁴ [16]

3.3. Fizikai alapok

3.3.1. Röntgensugárzás keletkezése, tulajdonságai

A röntgensugárzás **egy mesterségesen előállított, elektromágneses sugárzás**. Kettős természetű, hullámként leírható, de részecskeszerű viselkedést is mutat. Röntgensugárzás akkor keletkezik, amikor a röntgencső belsejében a fűtött katódról feszültség hatására, nagy mozgási energiával rendelkező negatív elektronok lépnek ki és egyre gyorsulva az anód fókusz területébe becsapódnak. Az anódra csapódva lefékeződnek - kölcsönhatásba lépnek – és röntgenfotonok keletkeznek, energiájuk röntgensugárrá alakul. A röntgensugár energiakvantumokban (fotonokban) terjed. [3] [16]

A röntgensugár főbb tulajdonságai:

- ionizáló sugárzás,
- nagy áthatoló képességű,
- minden irányban fénysebességgel terjed,
- nem téríti el útját sem mágneses se elektromos tér,
- emberi szem által láthatatlan,
- különböző anyagokban különböző mértékben nyelődik el,
- biológia elváltozásokat okoz.

⁴ Magyar Mérnöki Kamara Egészségügyi – Műszaki Tagozata (FAP 462016) Az egészségügyi technológia fejlődéseinek hatásai az egészségügyi létesítmények tervezésére 2. rész.: Képző diagnosztikai eljárások fejlődése és ezek hatásai a sz egészségügyi létesítmények tervezésére. Tanulmány, szakmai segédlet (összeállította, témavezető: Dr. Forgács Lajos) Budapest, 2016. szeptember <https://www.mmk.hu/tagjainknak/segedletek/fap#egeszsegugyi-muszaki> (Utolsó letöltés: 2023.10.23.)

3.4. Röntgenvizsgálatok fajtái

Röntgenvizsgálatoknak kettő fajtája ismert az átvilágítás, valamint felvételezés.

Átvilágítás – fluoroszkópia. A szerveket működésük közben vizsgálja, mindig **mozgó élőképet rögzít**. Előnye, hogy a szerveket funkcionálisan vizsgálja, hátránya a viszonylag magas sugárdózis. Ma már ezt a technikát - a csökkentett dózis érdekében, kizárólag röntgen képerősítővel lehet használni. [16]

Felvételezés kétféle eljárása ismert.

Direkt módon történő, amikor a testen áthatoló röntgensugár közvetlenül fényérzékeny anyagra hat. Hagyományos képalkotás révén, a röntgensugár a testen áthaladva a felhasznált röntgenfilmen kémiai változást okoz és röntgenképen az előhívást követően lesz látható az átvilágított testrész. Digitális úton történő feldolgozásnál a röntgensugarat elektromos jellé alakítják át és a röntgenkép rögzítését követően közvetlenül látjuk a keletkező képet. A legfejlettebb technikáknál a jelérzékelés során közvetlenül digitális jelek keletkeznek. [16]

Indirekt módon az orvos monitoron szemléli a képet és egy adott időpontban készít egy-egy filmet. A felvételezés azon alapul, hogy a **képerősítő által észlelt ernyőképet detektálják**. Az indirekt felvételezés egy alap vizsgálómódszernek tekinthető. Kis sugárterhelés mellett hátránya, hogy csak adott státuszt rögzít. [16]

Sokunk számára ismert lehet az indirekt módon működő röntgenkészülék speciális típusa, a tüdőszűrő vizsgálatra használt berendezés. Lényeges, hogy csak egészséges emberek vizsgálatára használják és nagyon alacsony a sugárdózissal dolgozik. [16]

3.5. Röntgenkép keletkezése

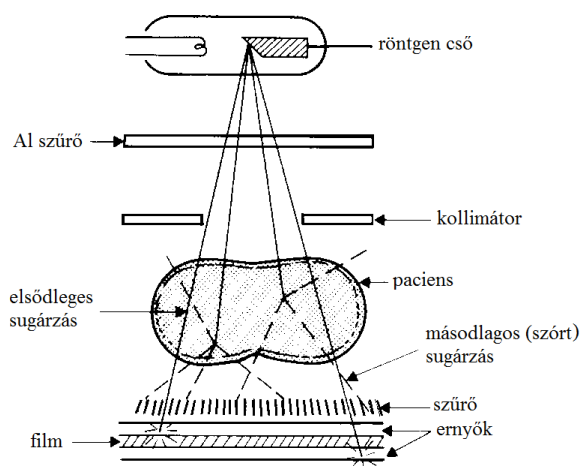
Ma már a röntgensugárzás alkalmazása széleskörben elterjedt, így már használata akár műtárgyak és festmények vizsgálatánál is megjelenik vagy a legmodernebb mosodákban már röntgenskenner jelzi a zsebekben hagyott tárgyakat. De bizonyos, hogy legfőképp az orvostudomány legszélesebb területein terjedt el használata, az orvosdiagnosztikában vagy röntgenterápiában egyaránt. [16]

Témakidolgozásunk jelen fejezetében a **projekciós képalkotással foglalkozunk**, amely a különböző energiával és technológiával működő képalkotó készülékek főbb típusai közül a statikus röntgen berendezés képalkotás alapjául szolgál. **Projekciónak hívjuk** azt, amikor **röntgensugárzás segítségével, árnyékképet vetítünk** egy megfelelő érzékelő eszközre, miután az keresztülhaladt a testen vagy annak egy részén. [3]

A radiográfiai képmegjelenítés analóg is digitális módon lehetséges.

3.5.1. Analóg módon történő képalkotás

Az analóg képalkotás a hagyományos röntgenvizsgálat működési elvének bemutatásával jól szemléltethető. Az alapelv az, hogy **az emberi testen áthaladó sugárzás a test anyagától függően különböző mértékben elnyelődik**. [16] Minél keményebb egy szövet, minél vastagabb, amin át kell hatolnia a röntgensugárnak, annál nagyobb lesz az energia elnyelődés, annál sötétebb lesz az ábra. Mivel röntgensugarakat a csontokban lévő nagyméretű kalciummolekulák nyelik el, ezért ahol a csont van a kép feketébb lesz egy lágyszövettel szemben. A film feketedése az őt ért röntgenfotonok erősségével van összefüggésben. [1] [16]



4. ábra: Hagyományos röntgenkészülék működési elve
forrás: Jobbágy Ákos – Varga Sándor Orvosbiológia méréstechnika 189. oldal [1]

A **4. ábra** a hagyományos röntgen készülék működési elvét ábrázolja, a röntgen sugárforrás által kibocsátott röntgensugárzás útját demonstrálja, röntgenvizsgálat közben.

A röntgen csőben keletkező röntgensugár alumínium szűrőn halad át a kollimátor által beszűkített területen. A kollimátor funkciója, hogy a röntgensugarat a vizsgálandó területre fókuszálja. [16]

Mivel az átsugárzott anyag – az emberi test - jellemzően különböző sűrűségű, nem homogén, illetve alakja változó, így a testben kilépő sugárzás intenzitása is más és más lesz. Az elsődleges sugárzás akadálytalanul halad a páciensen keresztül, míg a másodlagos (szórt) sugárzás kiküszöbölésére szűrőt alkalmaznak, ami a páciens és a film között helyezkedik el. A szűrő csak a kibocsátás irányából érkező sugarakat engedi át, egyéb sugarakat nem, majd a szűrőn keresztül érkező, páciensen áthaladt röntgensugarakat filmen érzékelik. [1] **Ez az analóg képalkotás elve.**

3.5.2. Digitális módon történő képmegjelenítés

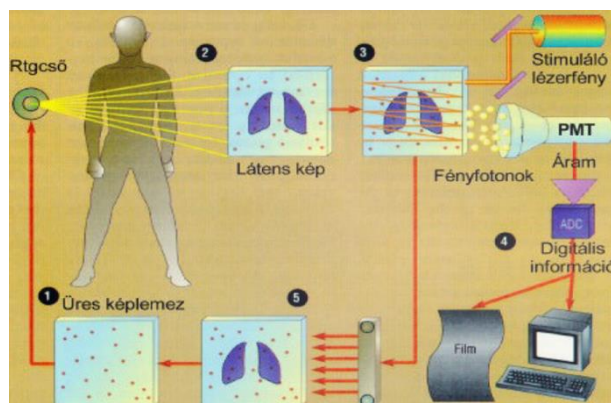
Digitális képalkotásról akkor beszélünk, amikor **a kép hagyományos fotó lemez helyett digitális érzékelő segítségével digitális formátumban jön létre.** Lényeges, hogy továbbra is röntgensugár segítségével történik a képalkotás, tehát a képalkotás hagyományos röntgenfelvételen alapul, de a jel érzékelés és jelfeldolgozás digitális. [16] [20]

A képlemez kialakítása szerint kétféle eljárás ismert.

Indirekt digitális technika

A röntgensugár egy képtároló foszforlemezre hat. Az expozíció után a lemez egy kiolvasó – jelfeldolgozó – egységbe kerül, ahol a lemezen készült tartalom kép kiolvasása történik meg és az így létrejött digitális kép jut el a monitorra és válik láthatóvá. Ezzel a technikával még nem valódi digitális képet, hanem ún. „digitalizált” képet kapunk. [16]

Az **5. ábra** a részleges digitalizációs, foszfor-lemezes rendszert szemlélteti. [16] [21]

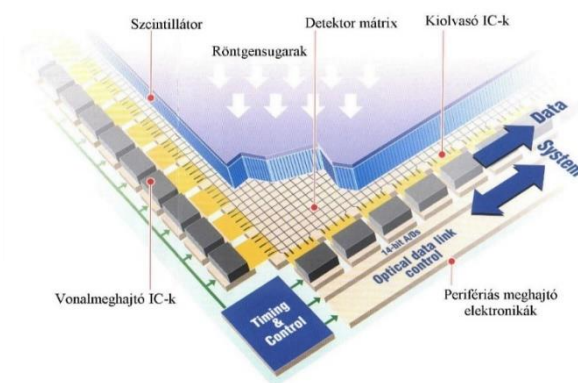


5. ábra: Részleges digitalizáció foszforlemez rendszer
forrás: EO-KVK oktatási segédanyag, belső használatra [24]

A **foszforlemez rendszer folyamata** a következő. Az üres képlemezt elhelyezik a vizsgálószerkezetbe, elkészítik a felvételt és a képlemezen látens módon előáll a felvétel. A felvételt követően a kazetta egy kiolvasó egységbe kerül, ahol a képlemezt lézerefénnyel stimulálják. A lézersugár hatására a keletkező fényfotonok detektálásra kerülnek, amely már képinformációt tartalmaz. Az emittált fényfotonokat PMT csőre vezetik, a cső kimeneti jele digitalizálva a számítógépre jut, így a kép a monitoron megjelenik, ami utólagos feldolgozásra és az orvosi kiértékelésre alkalmas. Fontos, hogy a felvételt tartalmazó képlemez kiolvasásnak a felvételt követően 15 percen belül meg kell történnie, mivel a kazetta adatai idővel, 2-3 órán belül elvesznek. Ezt követően erős fénnyel törlik a lemez tartalmát és a folyamat ismétlődik. (Lásd: **5. ábra:** 5-ös fázis). [16]

Direkt digitális technika

Lényege, hogy **a felvétel egy detektor lemezre úgynevezett flat panelre** (Lásd: **6. ábra**) **történik**. A detektorlemez egy amorf szelénréteggel fedett tranzisztropanel, amely villamosjeleket érzékel. A panelre érkező röntgensugárzás a szelénrétegben feszültségkülönbséget indukál és a sugárzás intenzitásától függően elektronlyukak alakulnak ki. Ezt a villamos jelet fogja fel a vékonyfilm tranzisztropanel. [16]



6. ábra: IDR: a-Si Flat Panel
forrás: OE-KVK. oktatási segédanyag, belső használatra [24]

A kiolvasás soronként és oszlopokként történik. A detektorpanel már vezeték nélküli hálózaton kommunikál a számítógéppel és a kórházi informatikai rendszerrel. [16]

Az így készült digitális kép kiértékelés során utólagosan is történhet a fényerő és a kontrasztbeállítás, végül a felvételt a központi a **P**icture **A**rchiving and **C**ommunication (**PACS**) rendszerben archiválják. A **D**igital **I**maging and **C**ommunications in **M**edicine (**DICOM**) szabvány rendszernek az alkalmazásával a betegazonosítás szempontjából sincs hibalehetőség, mivel a felvételt követően azt a beteg adataival rögtön össze lehet kapcsolni, így nem keveredhetnek el az adatok. [16]

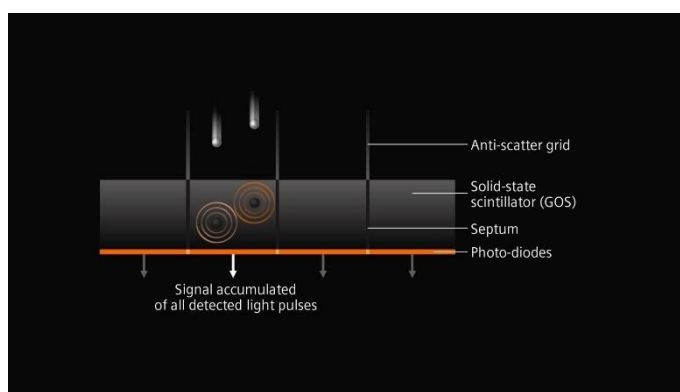
Előzőekben leírtakhoz kapcsolódóan **értelmezzük** a „Digital Imaging and Communications in Medicine” rövidebb és elterjedt nevén a **DICOM** szabványt, amely az „*orvosi képek, felvételek kezelésére, tárolására továbbítására vonatkozó szabvány.*”⁵ [27] Úgy tervezték, hogy bármely gyártótól származó munkaállomások és hardverek egyetlen képarchiváló rendszerben való integrációját lehetővé teszi. Bármilyen kórházi informatikai rendszerben támogatott szabvány.

A másik meghatározó fogalom a **P**icture **A**rchiving and **C**ommunication System, rövidített nevén **PACS**, amely „*olyan informatikai rendszer, amely digitális képek rendszerezett tárolását, és – általában egy intézményen belül – különböző*

⁵ ÁEEK Egészségtudományi Fogalomtár: DICOM <https://fogalomtar.aEEK.hu/index.php/DICOM> (utolsó letöltés: 2023.11.13.)

*felhasználókhöz való továbbítását teszi lehetővé*⁶ [28] **Kapcsolódik egy kórházi információs rendszerhez és feladata képek tárolása, továbbítása.**

Energia Integráló Detektor (EID) közvetett konverziót használ a jel létrehozáshoz. Másnéven a **szilárdtest szcintillációs detektorok** egy **kétlépcsős átalakítási folyamat** során először a szcintillációs kristályban a röntgensugárzás energiáját fénnnyé alakítják át, majd ezután ezt a fényt az egyes detektorcellák hátoldalára erősített fotodiódákkal elektromos jellé. (Lásd: **7. ábra**) [22]



7. ábra: Energia Integráló Detektor

forrás: <https://www.siemens-healthineers.com/en-us/computed-tomography/technologies-and-innovations/photon-counting-ct> (utolsó letöltés: 2023.11.27.) [22]

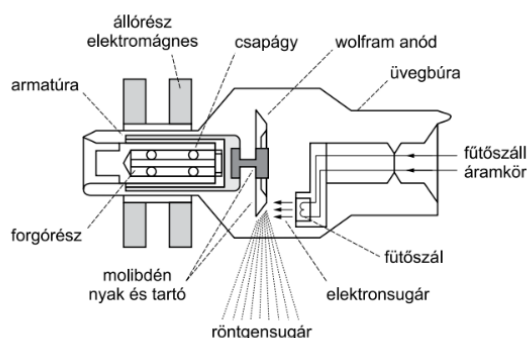
⁶ ÁEEK Egészségtudományi Fogalomtár: PACS <https://fogalomtar.aEEK.hu/index.php/PACS> (utolsó letöltés: 2023.11.13.)

3.6. Digitális röntgen képalkotó berendezés rendszerteknikai felépítése

Ebben a részben a digitális képalkotó berendezés rendszerteknikai felépítésén keresztül bemutatjuk a röntgensugárral történő képalkotás folyamatának fizikai hátterét és technikai elemeit, kizárólag olyan mélységig, amely elegendő információt ad a rendszer megismeréséhez és megértéséhez.

3.6.1. Röntgenső

A **8. ábra** a röntgenső főbb részeit szemlélteti. A röntgenső a röntgen berendezés azon része, ahol a röntgensugárzás előállítása történik.



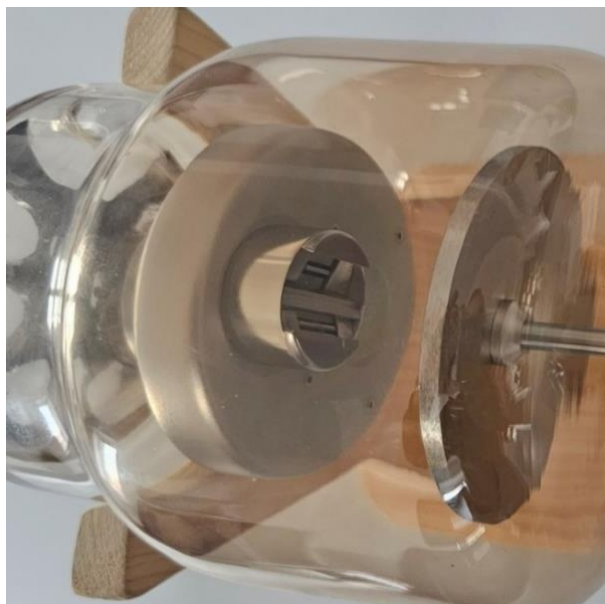
8. ábra: Röntgenső főbb részei

forrás: Orvosi képalkotás fizikája (Szerkesztő: Prof. Bogner Péter) 3. fejezet a Röntgenső 35. oldal - Medicina Könyvkiadó Zrt. Budapest, 2014 [3]

A röntgenső részei

A **katód** a röntgenső negatív pólusa, melynek részei a katódszál, fókuszáló csésze és különböző vezetékek. A katódszál felfűtését követően a hő hatására elektronfelhő alakul ki, nagyfeszültség hatására az elektronfelhőből kiléptetett elektronok áramoltatása történik az anód felé. A katódszál magas hőmérsékleten működtetett vékony wolframszál, amely a fókuszálócsészében helyezkedik el. [3]

A **diagnosztikában használt röntgensőveknél** többnyire két katódszál helyezkedik el, egy kis-, valamint nagy fókuszponthoz tartozó katódszál, ezt nevezzük **kettős fókuszú elrendezésnek**. (Lásd: **9. ábra**) A **röntgenképalkotás tekintetében meghatározó jelentőségű a katódszál szélessége és hosszúsága**. [3]



9. ábra: Kétfókuszú röntgenső katódcsálai
forrás: Saját készítésű (készült: FOREX Medical Zrt.)

Anód a röntgenső pozitív oldala. Az egyik **legfontosabb funkciója**, hogy az anód fókuszterületére csapódnak be a katód felől nagysebességgel érkező elektronok, **ez a röntgenfotonok keletkezési helye**. A fókuszterület vagy fókuszpont mérete a felbontóképességet befolyásolja, vagyis a fókuszterület csökkentésével jobb felbontás érhető le. Az anód további funkciója, hogy a nagyfeszültségű áramkör része, illetve a keletkező hő elvezetése is itt történik. Az anód optimális működése érdekében, jellemző kialakítása a wolfram-rénium ötvözet 45°-os ferde vörösréz ágyba helyezve. Ma már kizárólag **forgóanódú röntgensövet** használnak a **fókuszterület megnövekedése érdekében**, állóanódút csak kisteljesítményű készülékben alkalmaznak. [3]

A **10. ábra** szintén egy röntgensövet szemléltet, ahol a hőálló és nagy vákuumú **üvegburában** az anód és katód részei helyezkednek el. A bura elvékonyított üvegrészét, ahol az elsődleges sugárnyaláb kilép, ablaknak hívjuk. [3]

Az üvegburán kívül helyezkedik el az **álló rész (sztátor)** és az üvegburán belül található a magas a forgási sebességű **forgórész (rotor)**, amely rézhenger és az egyik vége az anódhoz van rögzítve. [3]

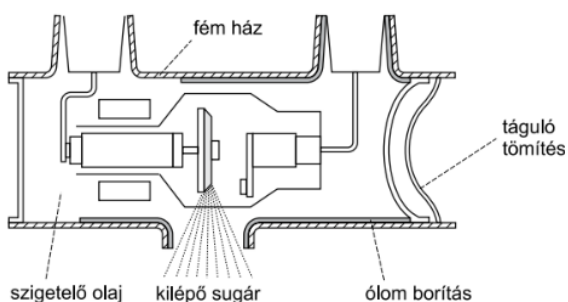
A **10. ábra** jobb alsó részén egy anódot láthatunk, melynek a felszíne feldurvult, megolvadt, a helytelen röntgencső fókusz beállítás miatt.



10. ábra: Röntgencső és részei
forrás: Saját készítésű felvétel (készült: Controll-X Medical Kft.-nél)

A **szűrő** a fotonokat szűri ki, amelyek a kép minőségét rontják. Anyaga Al vagy Cu lemez. A szűrők a sugárterhelést csökkentik.

A **röntgencső védőburkolata** (Lásd: **11. ábra**) megakadályozza a szórt sugárzás kijutását, a kilépő sugárzást szabályozza. A cső hűtése, illetve a nagyfeszültségtől való szigetelése – szigetelő olajjal történik. [3]



11. ábra: Röntgencső védőburkolata és sugárvédelme
forrás: Orvosi képzés fizikája (Szerkesztő: Prof. Bogner Péter) 3. fejezet a Röntgencső 47. oldal - Medicina Könyvkiadó Zrt. Budapest, 2014 [3]

A **Vectron röntgenső** (Lásd: **12. ábra**) 0,4 x 05 mm-nél kisebb fókuszponttal kombinálva kiemelkedő térbeli felbontást eredményez 0,22 lp/cm-en (24 mm-vel egyenértékű) dózis növelés nélkül. [25]



12. ábra: Vectron röntgenső
forrás: OE-KVK oktatási segédanyag, belső használatra [25]

3.6.2. Röntgenső vezérlése

A **röntgengenerátor** vagy áramellátó egység feladata a röntgenső számára megfelelő formára átalakított elektromos energiával való ellátása. Funkciója egyrészt a **röntgensugárzás előállításához a megfelelő anódfeszültséget biztosítása** (feszültségnövelés - kV), azaz a hálózati 220 V -ról 25 000- 120 000 V -ra növelni a feszültséget, továbbá váltóáram - egyenáram és feszültség hullám átalakítása, valamint hordozható eszköz esetén energiatárolás. A röntgensőnek ez a **nagyfeszültségű áramköre**. A röntgengenerátor részei: tápegység és vezérlők. [3]

A **röntgenső kisfeszültségű áramköre** a katód fűtését biztosítja. Ennek a kisfeszültségű áramkörnek teljesítménye a mA beállításával szabályozható. Tehát, ha magasabb a mA érték, akkor nő a fűtőáram a katódon, ezzel növekszik a csőfeszültség. **Ez az áramkör vezérli a katód és az anód között folyó áramot.** [3]

A röntgengenerátor egy másik alapfunkciója az expozíciós idővezérlés, amelyen belül megkülönböztetünk kézi időzítést és **automatikus expozícióvezérlést, Automatic Exposure Control (AEC)**. Az automatikus felvételi (expozíció) szabályozás lényege,

hogy a felvétel készítése során módosítja a röntgencsőre kapcsolt feszültség értékét (kV) és töltésmennyiséget (mAs) és automatikusan leállítja az expozíciót, ha előre beállított mennyiségű sugárzást észlel, ezzel optimalizálva a páciens sugárterhelését. Ezt hívjuk **dóziptimalizálási eljárásnak, mellyel 20-40%-os sugárdóziscsökkentés érhető el**, a páciens méretének és testtömegeloszlásának ismeretében. Egyik kiemelt terület a mammográfiai berendezések, ahol széleskörben alkalmazzák. [3]

3.6.3. Sugárnyaláb kontroll

A **kollimátor** a leggyakrabban használt sugárnyaláb kontroll. Kialakítása egy-egy párhuzamos és egymásra merőlegesen elhelyezkedő ólomlemezek összessége. Feladata, hogy segíti a helyes pozicionálást. Modern röntgenberendezésekbe már automatikus kollimátorokat építenek be. [3]

Rács egy vékony négyszögletes eszköz, amely vékony ólom csíkból és közte pedig valamilyen sugáráteresztő anyagból készül. Ma már többféle rácsfajta közül lehet választani a súly és a vastagság függvényében. A rács szerepe a képminőséget rontó fotonok kiszűrése, képkontraszt javítása. [3]

3.6.4. Digitális detektor

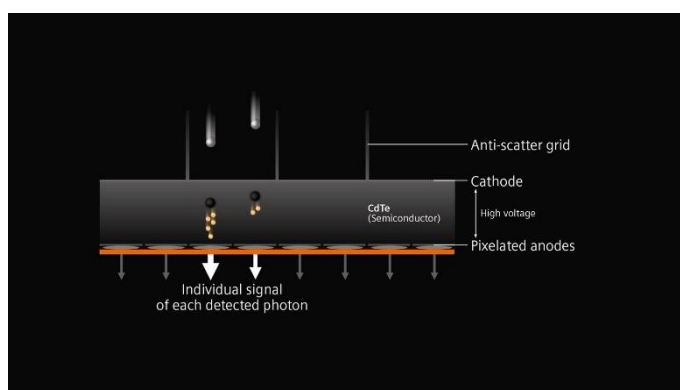
A detektorok **két fő fizikai tulajdonsága** ismert, jellemzően a **térbeli felbontás** és a **kontrasztfelbontás**.

A térbeli felbontás alatt 1 elemi képpont (pixel) méretét értjük, ami a kép élességét határozza meg. A kontrasztfelbontás azt jelenti, hogy hány szürkeárnyalatot tud elkülöníteni egymástól a rendszer. A digitális feldolgozásnak köszönhetően az emberi szem által nem látható egymáshoz közeli árnyalatokat érzékelhetővé teszi, ezt hívjuk ablakolásnak. Mind a kevés, mind a sok sugarat kapott területek megjeleníthetők az „ablak” szélességek és helyének változtatásával.

A **detektáló eszköz jelátalakító képessége** a **Detective Quantum Efficiency (DQE)** a képminőséggel összefüggésben és a detektor hatékonyságára utaló egyik alapvető fizikai változó. A **DQE** leírja, hogy egy röntgensugaras képalkotó rendszer milyen hatékonyan képes a bejövő energiát jellé alakítani. [24]

A **modulációs átviteli funkció** a **Modulation Transfer Function (MTF)** a bemeneti oldalon leképezendő jel és kimeneti oldalon képződött jel milyen mértékben hasonlítanak egymáshoz. [24]

A **Fotonszámláló detektor** (Lásd: 13. ábra) az energia integráló detektortól eltérően a detektor **egylépcsőben közvetlenül képes a röntgenfotonokat elektromos jellé alakítani**. Az átalakítási folyamatot közvetlenül a detektor kristály félvezetője teszi lehetővé azzal, hogy fény helyett elektromos töltést generál. Az elnyelt röntgensugarak elektron-lyuk párokat hoznak létre, a röntgenenergiával arányos töltést. A töltések erős elektromos térben különülnek a detektor tetején lévő katód és az alján lévő pixeles anód elektródák között. Energia-szelektív számlálótábla, nem más, mint a fotonszámláló detektor azon tulajdonsága, miszerint képes megszámolni az egyes röntgenfotonok által keltett töltéseket. A fotonszámláló detektor előnye a közvetlen jelátalakítás során az alacsonyabb sugárdózis, képpontjai sokkal kisebbek, így jelentősen növeli a térbeli felbontást, elektronikus zaj megszüntetése. [22]



13. ábra: Fotonszámláló detektor

forrás: <https://www.siemens-healthineers.com/en-us/computed-tomography/technologies-and-innovations/photon-counting-ct> (utolsó letöltés: 2023.11.27.) [22]

A digitális módon történő képmegjelenítéssel egyidejűleg megjelentek a számítógépes rendszerek, szoftverek mind az adatfeldolgozásban mind pedig a felvételek tárolásában egyaránt.

A digitális röntgenberendezések területén kétségtelen, hogy a legnagyobb fejlődés a képfelbontás területén érzékelhető. Az analóg képalkotástól eltérően a digitális rendszer által létrehozott képminőség pontosabb és részletgazdagabb, a fényerő és a kontraszt utólag is beállítható, ami a radiológusok munkáját segíti a pontosabb diagnózis felállítása érdekében.

A digitális technikával a hibalehetőségek száma minimálisra csökkent. Szinte nincsenek elrontott felvételek, ha el nem mozdul a beteg. A páciensek számára ez kisebb sugárterheléssel jár, mindamelllett, hogy az analóg képalkotással szemben a sugárkibocsátás mértéke is alacsonyabb lett az automatikus expozícióvezérlésnek köszönhetően. A felvételek elkészítésének ideje szintén csökkent a modern technikának köszönhetően.

Egyszerűbbé vált a felvételek tárolása, azok továbbítása és a kapcsolódó adminisztráció, azonkívül a felvételek kezelése is.

Végül a digitális technika további előnye, hogy rendkívül környezetbarát és kíméli a környezetet. Nem kell a film előhívásához előhívó folyadék és egyéb vegyszerek felhasználása, nem keletkezik ártalmas melléktermék.

4. RADIOLÓGIA OSZTÁLY ÉS RADIOLÓGIAI MUNKAHELY KIALAKÍTÁSÁNAK FELTÉTELEI

4.1. Radiológia osztályok kialakításának általános feltételei

Röntgenberendezésekkel ma már többnyire Központi Radiológia osztályokon vagy Diagnosztika központokban találkozhatunk, azonban **kezdetekben a berendezéseket legfőbbképpen tüdő- és mellkas vizsgálatokra használták**, így azokat a belgyógyászati osztályokon, speciális esetekben pulmonológia osztályon telepítették. [16]

Önálló radiológia osztályok a XX. század második felében terjedtek el, elsősorban az újabb orvosi képalkotó berendezések megjelenésével és azok széleskörben való elterjedésével. Az önálló osztályok létrehozásának egyik fő indoka, hogy a vizsgálatok már jóval túlmutattak a tüdő- és mellkasröntgeneken, másrészt a berendezések mérete, valamint azok működtetése, speciális szaktudást igényelt. A gazdaságossági szempontok mellett, a képalkotó rendszerek területén történt ugrásszerű fejlődéssel párhuzamosan a **XXI. század elején megjelentek a Képalkotó Diagnosztikai Központok** – ezzel megerősítve a centralizáció lényegességét. [16]

Egy új központi radiológia osztály kialakítása során több feltételt is egyben kell vizsgálni, amelyek közül kiemelendő az adott egység építészeti, gépészeti, és elektromos elvárások, orvos-szakmai funkciók, orvostechnológia feltételek, valamint sugárvédelmi előírások meghatározása.

A következő fejezetben a Bethesda Gyermekkórház, Gyermekradiológia osztály jelenlegi kialakítását mutatjuk be az egyes funkcionális területek és kiegészítő helyiségek egymáshoz való kapcsolatával.

4.1.1. Bethesda Gyermekkórház, Gyermekradiológiai osztály architektúrája

A Bethesda Gyermekkórház **Gyermekradiológiai osztálya** - önálló szervezeti egységként, a **Bethesda utcai épületszárny földszintjén helyezkedik el** a főbejárattól jobbra a sürgősségi ambulancia közvetlen közelében. Gyalogosan elérhető a főbejárati lépcsősoron keresztül vagy közvetlenül a lépcsősor mellett található lift igénybevételével. A lift a mozgásában korlátozottak számára vagy mentő autóval szállítóeszközön történő szállítás esetén is közvetlenül biztosítja az akadálymentes bejutást az épületbe. Amennyiben előbbiekben említett megközelítési lehetőségek bármelyike is akadályoztatva lenne, ez esetben a kórház udvar felőli bejáratain – egy kis kerülővel, de akadálymentesen is be lehet jutni az épületbe így az osztályra.

A kórházban a radiológiai osztály mostani helyén, ezen a területen működött mindig és ezekben a helyiségekben folytak és folynak a radiológiai és ultrahang vizsgálatok, mind járó- és mind fekvőbeteg szakellátási területeken.

Az osztály eredeti, építészeti kialakított elemei, a 2 db radiológia helyiség, az 1 db ultrahangvizsgáló helyiség, továbbá ezen helyiségek kiegészítő helyiségei, valamint a nyílászárók helye és funkciója az elmúlt években nem változott. A Gyermek radiológia osztály teljes alapterülete közel 100 m², amelyből az ultrahang vizsgáló helyiség 13 m², a felvételi röntgen munkahely 21 m², az átvilágító és felvételi röntgenmunkahely 32 m² területen funkcionál, ez utóbbiak esetén külön-külön kialakított vezérlőhelyiségekkel.

A fennmaradó területen megosztva találhatóak a szociális- és kiszolgáló-, illetve személyzeti tartózkodó és kiegészítő helyiségek, valamint vetkőzőfülkék. E helyiségek funkciói, jellemzően egy-egy fejlesztéshez kapcsolódóan az elmúlt évek során többször átalakultak. A digitális technikára történő átállással okafogyottá vált például a sötét kamra és az archívum helyiségek jelentősége, így azok funkciója megszűnt. Hasonló eset volt a legutóbbi fejlesztés kapcsán is, amikor 2021 év elején az **APOLLO DRF típusú digitális távirányítású röntgenberendezés** telepítése folytán egy új és nagyobb vezérlőhelyiség kialakítása vált szükségessé, melyet a közvetlen mellette lévő vetkőzőfülke megszüntetésével került kialakításra.

Az osztály külön váróteremmel nem rendelkezik. Az érkezők számára a szükséges ülőhely az osztály előtti folyosón kialakított várakozó térben elhelyezett padokon, valamint a közvetlen közelben lévő sürgősségi ambulancia váróterében lévő székeken biztosított.

A paciensek a kórház központi betegfelvételi rendszere révén jelentkezhetnek be vizsgálatokra, így erre külön kialakított recepció vagy betegfogadó nincs az osztályon.

4.2. Radiológiai munkahelyek telepítés feltételei

Sugárzás elleni védelem orvosi és állatorvosi röntgenmunkahelyeken **MSZ 824:2017** Magyar Szabvány [6] teremti meg a radiológia munkahelyek kialakítására vonatkozó alapokat.

4.2.1. Radiológiai munkahelyek telepítésének általános követelményei

A radiológia munkahelyek legoptimálisabb helyének kijelölése során, elsősorban az egészségügyi intézményben jellemzően folyó betegellátási tevékenységet – diagnosztika és/vagy terápia – kell figyelembe venni. A berendezéseket főként az épület legalsó, földszinti területein javasolt elhelyezni, egyrészt a berendezések súlya, valamint a folyamatos járóbeteg szakellátás miatt, azzal is, hogy a helyiségek bármely irányból megközelíthetőek legyenek. [16]

Speciális szempontokat az MSZ 824:2017 Szabvány rögzíti, amelyben foglaltakat nem csak új röntgenmunkahely kialakítása, hanem régi munkahely átalakítása kapcsán egyaránt alkalmazni kell. A szabvány értelmezi a röntgenmunkahelyek kialakításának általános követelményeit, sugárvédelmi előírásait és a sugárvédelmi méretezés alapkövetelményeit. Ezen belül meghatározza például a röntgenhelyiségek határolószerkezeteinek, mint falak, födémek, nyílászárók kialakításának építőanyag használat feltételeit a telepítendő berendezés alkalmazott csőfeszültsége függvényében. Rögzíti továbbá a röntgenmunkahelyek minimális alapterületét a telepítendő röntgenberendezés és a helyiségben végzendő munkafolyamatok szerint. [6]

4.2.2. Beszállítási útvonal

A beszállítási útvonal definícióját megfordítva „kiszállítási útvonalként” is értelmezhetjük egy meglévő működő kórház esetén, egy régi berendezés akadálymentes elszállítása kapcsán. Amennyiben a régi berendezés elszállítása nem ütközött akadályba ezzel még nem feltételezhető az, hogy az új berendezésnek beszállítási útvonalként ez a terület megfelelő lesz, a két berendezés eltérő szerkezeti kialakítása miatt sem. Beruházás előkészítésekor a beszerzést megelőzően – a beszerezni kívánt berendezés műszaki specifikációinak meghatározásakor - érdemes ezen kritériumokat átgondolni. A legfontosabb alapelv a beszállítási útvonallal szemben, hogy a legkisebb egységre már tovább nem bontható alkatrész is akadálytalanul beszállítható legyen. A berendezés egységeinek beszállítása történhet lift segítségével, de a rendkívül nehéz szerkezeti elemek miatt ez többnyire kézi és/vagy kézi emelőszerkezet igénybevételével történik. Így érdemes a liftek teherelbírását a folyosók és lépcsőházak építészeti kialakítását is figyelembe venni beszerzés során.

4.2.3. Radiológiai munkahelyek telepítés további szempontjai

A röntgenberendezések telepítésének legfontosabb alapelve, hogy egy gépcsere a lehető legkisebb bontási és átalakítási munkálatokkal valósuljon meg az elektromos vezetékek vezetése pedig utólag bontható padlócsatornában kerüljön kiépítésre. [16]

A régi és az új gép tájolásának olyannak kell lennie, hogy beteget a lehető legkevesebb forgatással át lehessen fektetni a betegszállító kocsiról a berendezés asztalára. [16]

Az ajtóknak akadálymenteseknek kell lenniük. [16]

Ha a régi berendezés nem mennyezeti rögzítésű volt, akkor előzőekben leírtak szerint, ajánlott hasonló szerkezeti kialakítású új berendezés mellett dönteni, ezzel is elkerülve a födém statikai méretezését, valamint egy alulméretezett födém megerősítési munkálatainak elvégzését.

Amennyiben a korábbi berendezés mennyezeti rögzítésű volt és továbbiakban is hasonló berendezést szeretnénk vagy teljesen új beszerzés kapcsán ugyancsak mennyezeti

rögzítésű röntgenberendezés beszerzésében gondolkodunk, akkor a födém statikai méretezése egyik esetben sem maradhat el. [16]

Új beszerzésnél az **MSZ 824:2017 Szabvány** minimális belmagasságra vonatkozó előírást figyelembe kell venni a tervezés során a légtechnikai rendszer elemek és a világítótestek elhelyezésére tekintettel. [16]

A helyiségben természetes szellőztetést kell biztosítani. Amennyiben ez nem lehetséges akkor mesterséges szellőztetést kell alkalmazni, szabvány szerint minimum 6x óránként. A légtechnikai rendszert a legnagyobb hőterhelésre kell méretezni. [16]

A felvételi röntgenberendezéseknél **vezérlőfülkét kell kialakítani** az exponáló személy részére. A vezérlő helyiség egyik falának olyan szögben kell lennie, hogy onnan az áttekintő ablakon keresztül szabadon belátható legyen a teljes vizsgáló helyiség, a vizsgálat ideje alatt a paciens is és a teljes berendezés is. [16]

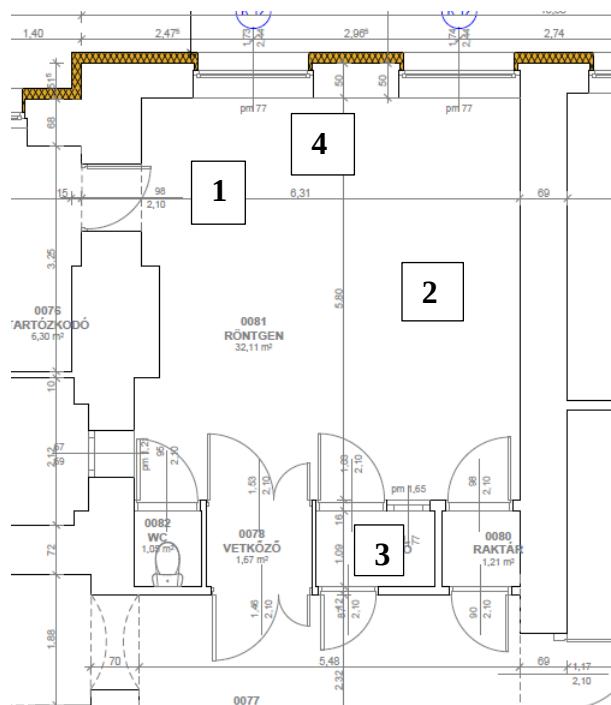
A berendezés villamosenergia ellátását röntgen hálózatról kell biztosítani. A villamosberendezések kialakítását és a helyiség besorolását az **MSZ HD 60364-7-710 Szabvány** szerinti követelmények szerint kell meghatározni.[16]

5. APOLLO DRF TÍPUSÚ RÖNTGENBERENDEZÉS TELEPÍTÉSE

A Gyermekkorház Gyermekradiológia osztálya részére 2020 évvégén került beszerzésre egy **APOLLO DRF** típusú digitális távirányítású röntgenberendezés. Ebben a fejezetben ennek a berendezésnek a **telepítési munkafolyamatát mutatjuk be**, amelynek során **először a régi analóg átvilágító és felvételi röntgenberendezések szétszerelését és elszállítását tekintjük át.**

5.1. Átvilágító és felvételi röntgen munkahelyek megszüntetése

A **14. ábra** szerint átvilágító és felvételi röntgenhelyiségben a számok jelölése szerint a következő egységek helyezkedtek el: 1: OREL I. átvilágító, 2: OREL TX-i felvételi röntgenberendezés, 3: OREL TX-i felvételi berendezés kezelő, vezérlő helyiség, 4: OREL I. átvilágító kezelő helye. Az OREL TX-i felvételi röntgenberendezést külső kapcsoló helyről, addig az OREL I. átvilágítót belső kapcsoló helyről lehetett vezérelni. A kétmunkahelyes berendezést egy X-650 generátor vezérelte.



14. ábra: OREL I. és OREL TXi röntgenmunkahelyek
Forrás: Saját szerkesztés

A **15. ábra** a kétmunkahelyes röntgenberendezés bontási munkálatait szemlélteti, amelyet az új berendezést szállító cég végezte el.



15. ábra: Kétmunkahelyes röntgenberendezés bontása
Forrás: Saját felvétel

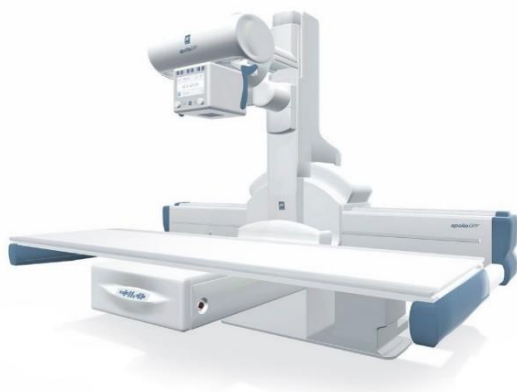
5.2. APOLLO DRF típusú röntgenmunkahely telepítése

5.2.1. Röntgenberendezés ismertetése

Az **APOLLO DRF** típusú digitális távirányítású berendezés (Lásd: **16. ábra**) a mai kor elvárásait kielégítő **legmodernebb digitális röntgentechnika rendszerrel rendelkezik**. Széleskörben alkalmazható a röntgendiagnosztika területén, kiváló minőségű **képfelbontásnak** köszönhetően. Hatékony segítséget nyújt a megfelelő diagnózis felállításához. A távvezérelt **asztal gyorsan és pontosan pozícionálható**, 90°-os dőlés lehetőséggel, mindkét irányban. A cső-detektor széles mozgatása lehetővé teszi a páciens teljes lefedettségét. Ferdevetítések is végezhető az asztalon vagy hordágyon érkező páciensek esetében a csőtartóállvány döntésével és a sugárcső forgatásával kombinálva.

A betegbiztonság növelése mellett számos **új fejlesztéssel rendelkezik** a berendezés a **sugárdózis csökkentése érdekében**. Ilyen például a többretegű röntgencsillapított asztalfelület, gyermekgyógyászatban és végtagok vizsgálatához – szóródásmentes rács automata eltávolítása, automata kollimátor különböző szűrőkkel, optimális anatómia programok a vizsgálandó testrésze – speciálisan gyermekek gyógyászati betegek részére, pulzáló átvilágító mód stb...

A berendezést kezelő és a paciens biztonságát növelő tulajdonságai, intelligens érintőképernyős joystikkokkal rendelkeznek, amelyek lehetővé teszik a motoros mozgások biztonságos vezérlését. **Betegbiztonság növelése érdekében** kiemelendő, hogy a berendezés egy **minden mozgását követő szoftverrel is rendelkezik**.



16. ábra: APOLLO DRF típusú röntgenberendezés

Forrás: Villa Sistemi Medicali Spa <https://www.villasm.com/en/products/r-f-systems/apollo-drp>
(utolsó letöltés: 2023.12.01.)

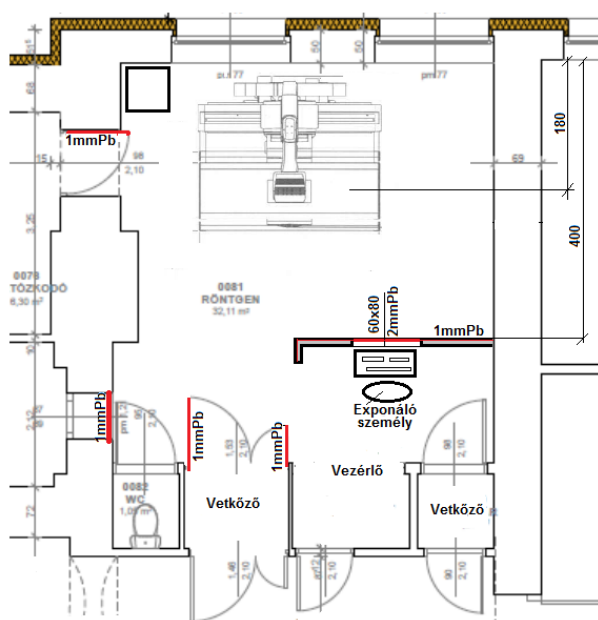
5.2.2. Röntgenberendezés elhelyezése, tájolása

A régi analóg átvilágító és felvételi kétmunkahelyes röntgenberendezés szakszerű szétbontását és elszállítását követően, **a következő telepítési munkafolyamat az új berendezés** telepítéséhez szükséges, **elrendezési terv készítése**.

Az elrendezési tervet, vázrajzot minden esetben sugárvédelmi szakértő készíti el a telepítési tervdokumentáció részeként. A terv elkészítése során a szakértő a röntgenhelyiség méreteit a helyszínen ellenőrzi, egyúttal a berendezést használó radiológus orvosokkal, asszisztensekkel egyeztet orvosi és egyéb szakmai igények tekintetében.

Ezt követően a szakértő meghatározza a röntgenberendezés optimális helyét a helyiség és a röntgenberendezés pontos méretei, valamint a berendezés működése közbeni - mindkét irányba történő 90° -os dőlési lehetőségek - alapján, a helyiségekben végzett munkafolyamatok figyelembevételével, továbbá az üzemi és karbantartási feltételek

együttes ismeretében. (Lásd: **17. ábra**) Valójában lemodellezi a berendezés lehetséges mozgásait vizsgálat közben.



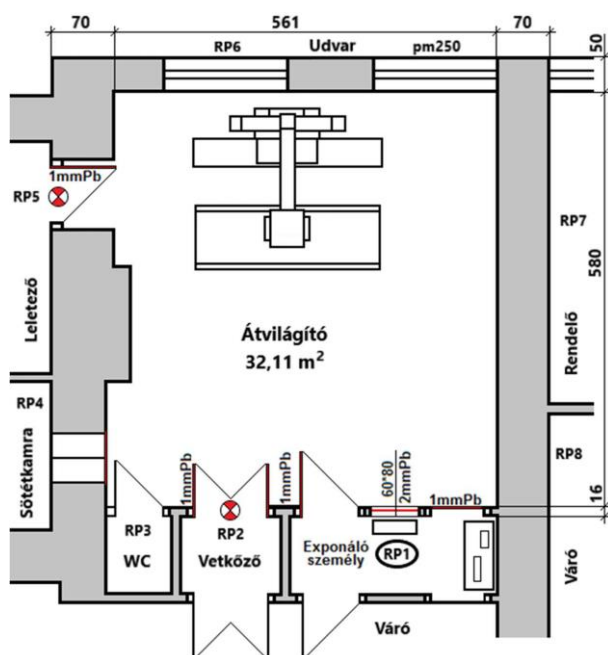
17. ábra: Röntgenmunkahely elrendezési vázrajz - tervezet
Forrás: Forex Medical Zrt. által szerkesztett vázrajz

A **17. ábra** szerinti vázrajzon a berendezés fókuszja a faltól 1,8 m-re, míg a közös légterű kapcsolófülke (vezérlő fülke) a faltól 4,00 m-re található. A kapcsolófülke kialakítása egy a röntgenhelyiségből leválasztott térként funkcionáló, a korábbi két munkaállomásos berendezés vezérlőhelyiségének (Lásd: **14. ábra** 3 számmal jelzett helyisége) teljes megnyitásával és egy 2 mm Pb 60x80 cm méretű betekintő ablakkal ellátott, 1 mm Pb ólomegyenértékű paravánfal megépítésével történne.

Az ábrán vázolt elrendezési javaslat, annak megfelelően készült el, hogy a röntgenberendezés telepítése a lehető legrövidebb idő alatt történjen meg a biztonságos és folyamatos betegellátás érdekében, továbbá az intézmény pénzügyi kereteire figyelemmel a lehető legkevesebb bontási és építési munkálatokkal.

Az elkészült vázrajz azonban több szempontból sem volt megfelelő a radiológus orvosok és asszisztensek számára. A paravánfallal leválasztott terület nagyon sok helyet foglalt el a munkahelyből, így ez az elrendezés nehezítette volna a betegágyon érkező betegek megfelelő átfektetését.

A szakértő által elkészített **17. ábra** szerinti tervezetet az Intézmény elvetette és azt újra gondolva az **MSZ 824-2017-es Szabvány** 6.3.2 pontjában leírtakra figyelemmel, amellet döntött, hogy a közös légterű kapcsolófülke helyett egy zárt vezérlő helyiséget alakít ki a korábbi vezérlő helyiség helyén és a jobb oldali vetkőző helyiség funkciójának megszüntetésével együtt a köztes fal elbontásával a **18. ábra** szerint.



18. ábra: Röntgenmunkahely végleges elrendezési vázrajza

Forrás: Bethesda Gyermekkórház, Sugárvédelmi leírás 9. oldal (Készítette: Balla Gergely sugárvédelmi szakértő, készült: 2021.06.22-án) [4]

Az így kialakult elrendezéssel a röntgenberendezés generátora és egyéb egysége is a megfelelő helyre kerültek és a vezérlőegység egy zárt térbe helyezésével egy kellemes munkakörnyezetet sikerült kialakítani a munkavégzés szempontjából.

5.2.3. Beszállítási útvonal

A röntgenberendezés beszállítási útvonal kijelölésének érdekében a szállítóval egy közös helyszíni bejáráson a ládajegyzék (Lásd: **19. ábra**) alapján meghatározásra került az az útvonal, amelyen **akadálytalanul beszállítható volt a berendezés legnagyobb, további részegysége már nem bontható részegysége is.**

Darabszám	Bruttó súly	nettó súly	Méretek (cm)			Csomagolás	Rendszer	Tartalom
			h	sz	m			
1	1220	900	251	122	208	Láda	Apollo DRF	Kollimátor konzol
1	500	380	257	92	158	Láda	Apollo DRF	Spot film device
1	305	220	207	67	80	Láda	Apollo DRF	Asztal
1	146	130	79	60	110	Karton	Drf	Oszlop
1	370	270	245	85	130	Láda	Accessories	Barella flat panel monitor guida
1	150	130	81	77	149	Karton	G100	Generator

19. ábra: Ládaméret jegyzék

Forrás: Saját szerkesztés (készült: 2023.11.28-án) a VILLA MEDICAL Pacing list alapján [7]

A berendezésnek ez az egysége a kollimátor konzol volt, amelynek bruttó súlya 1220 kg és láda méretei 251 x 122 x 208 cm. A kollimátor konzol beszállításánál adódott egy kis gond, mivel a röntgenhelyiség előtti folyosó szélessége leszűkült, így a röntgenhelyiség 150 cm széles ajtajára történő ráfordulásához szükséges fordulási sugár nem volt elegendő. Így az egységet a bejárat előtt a ládából ki kellett bontani és csomagolás nélkül kellett beszállítani. A ládák súlyai és méretei alapján a beszállítás kézi emelőszerkezet igénybevételével történt.

5.2.4. Röntgenberendezés telepítése

A röntgenberendezés helyének kijelölésének következő kritériuma az adott helyiség földszerkezetének vizsgálata annak érdekében, hogy az statikailag megfelelő lesz-e az új berendezés terhelésének viselésére. Az előzetes vizsgálat eredményeként, mivel a régi OREL I. berendezésnek 1030 kg volt súlya és az új **APOLLÓ DRF** típusú röntgenberendezésnek az összsúlya 1115 kg, vagyis megközelítőleg egyforma a két berendezés tömege, ezért további **statikai vizsgálatra nem volt szükség, a földem megerősítését semmi sem indokolta.**

A röntgenberendezés vizsgálat közbeni elmozdulásának, kibillenésének megakadályozása érdekében a födémbe beépítendő 200 x 100 cm méretű gépbe beton helyett a gyártó által előzetesen leméretezett 200 x 100 cm méretű 2 cm vastag acéllemez került elhelyezésre a röntgenberendezés alá közvetlenül, amely a födémszerkezetbe lett rögzítve. Ez az acéllemez nem csak a berendezés elmozdulás elleni védelmét biztosítja, hanem teherelosztó lemezként is funkcionál.

A **berendezés kábelvezetése** a meglévő – utólagosan is visszabontható - padlócsatornában történt, négyszögletes fedéllel lezárva.

Az elektromos kapcsolószekrény átalakítására nem volt szükség, egy darab fő relé – életvédelmi kapcsoló került beszerelésre.

A **telepítés költségeinek csökkentése érdekében**, mivel egy meglévő röntgenmunkahelyre történt az új berendezés telepítése, a sugárvédelmi szakértő javaslatára **a röntgenberendezés teljesítménye 150 kV -ról korlátozva lett 125 kV -ra**, mivel a korábbi átvilágító és röntgenberendezés is ezen az értéken működött és erre a szintre volt kiépítve a sugárvédelem.

5.2.5. Röntgenmunkahely helyisége és kiegészítő helyiségek

Az elrendezési vázrajz szerint az **APOLLO DRF** típusú röntgenberendezést magába foglaló röntgenmunkahely főbb jellemzői a következők. Az átvilágító-felvételi röntgen helyiség alapterülete: 32,11 m², belmagassága 3,66 m. A helyiség rövidebb oldalmérete 5,48 m, hosszabb oldal 5,8 m. A helyiség falai 70 cm és 16 cm vastag téglafalak. A helyiséghez 1 db vetkőző, 1 db beteg WC és 1 db vezérlő helyiség tartozik. A vetkőző és a vezérlő 1 mm Pb ólomegyenértékű árnyékolással védett. A WC ajtaja nem védett, mivel vizsgálat alatt ebben a helyiségben nem tartózkodik senki.

A vezérlőhelyiség a már előzőekben említett kettő helyiség - a régi vezérlő, valamint mellette lévő öltözőfülke - egybenyitásával került kialakításra. A vezérlőt határoló szerkezetek (falak, nyílászárók) átépítésére nem volt szükség. **A vezérlőhelyiség alapterülete 3 m² és a legrövidebb oldalméret 1,0 m.**

A korábbi áttekintő ablak mérete nem volt megfelelő, így egy új a vizsgálat ideje alatt a paciensek folyamatos megfigyelésére alkalmas 60 x 80 cm méretű 2 mm Pb egyenértékű ólomüvegablak beépítése volt szükséges a régi áttekintő ablak helyére. A **20. ábra** ennek az ablaknak a megfelelő méretű ólomlemez borítással ellátott keretét szemlélteti.



20. ábra: Áttekintőablak árnyékolás védelme
Forrás: Saját felvétel

5.3. APOLLO DRF röntgenmunkahely orvostechnológiai feltételeinek elemzése

Ebben a fejezetben áttekintettük a radiológia osztályok, valamint a radiológiai munkahelyek kialakításnak általános feltételeit, majd ezt követően ezen feltételek mentén végig követtük egy új digitális távirányítású röntgenberendezés telepítésének főbb fázisait egy meglévő röntgenmunkahely átalakítása kapcsán. Összefoglalásként értékeljük az így kialakított röntgenmunkahelyet.

A röntgenmunkahely alapvető méretei az **MSZ 824:217-es Szabvány** szerint. A röntgenmunkahely legkisebb alapterület igény minimum **dönthető átvilágító szerkezet** esetében 22 m^2 és a legkisebb előírt oldalméret $3,8 \text{ m}$. **Távvezérelt átvilágító szerkezet** esetén az alapterület igény minimum 25 m^2 és a helyiség legrövidebb oldalmérete minimum 4 m kell lenni. A **belmagasságra** előírt méret legalább $3,0 \text{ m}$. [6]

Az átvilágító-felvételi röntgen helyiség alapterülete: $32,11 \text{ m}^2$, belmagassága $3,66 \text{ m}$. A helyiség rövidebb oldalmérete $5,48 \text{ m}$, hosszabb oldal $5,8 \text{ m}$. **A röntgenmunkahely**

helyiség alapvető méretei az MSZ 824:217 Szabványban meghatározottak szerint megfelelőek.

A röntgenmunkahely bejárata 1,5 m széles, **mérete megfelelő.** A szabadnyíláson a kerekesszékekkel történő közlekedés megoldott.

A röntgenszerkezet elhelyezése a vizsgálószerkezetre történő szabad átfektetésre alkalmas, mivel megfelelő hely áll rendelkezésre a betegágyon vagy kerekesszékekkel érkező betegek számára a szerkezetre történő áthelyezésére.

A vezérlőhelyiség alapterület igény minimum 1,2 m² és a helyiség legrövidebb oldalméretének 1,0 m-nek kell lennie. [6] **A vezérlőhelyiség kialakítása megfelelő, alapterülete 3 m² és a legrövidebb oldalmérete 1,0 m.**

Távvezérelt vizsgálószerkezetnél a vezérlő falában 60 x 80 cm-es 1,5 mm Pb egyenértékű ólomüveg ablakot kell beépíteni vagy kamerarendszert kell telepíteni. [6] **Az áttekintő ablak mérete és sugárzás elleni védelme szintén megfelelő,** mérete 60 x 80 cm méretű, anyaga 2 mm Pb egyenértékű ólomüveg.

A sugárvédelem méretezését **a röntgenberendezés maximális csőfeszültsége határozza meg.** Azokon a részekon, ahol a falak szerkezetét meggyengítik, például: kábelcsatornák, vízvezetékek, ott olyan Pb-egyenértékű plusz védelmet kell beépíteni, hogy az a szerkezetre előírt Pb-egyenértékű legyen. [6]

A helyiséget határoló fal, födém és nyílászáró szerkezetek árnyékolása megfelelő. A röntgenmunkahely határoló falainak méretei 70 cm, 50 cm és 16 cm vastag hézagmentes téglafalak. A röntgenberendezés elhelyezési vázrajza szerint a berendezés a képalkotáshoz való alkalmazásakor a direktsugárzás elleni védelmet a 70 cm széles falak felületein, valamint a kezelőasztal alatti 50 cm széles födém szerkezeteken kell méretezni, mivel a gyengítetlen vagy a paciens által gyengített direkt sugárzás ezen felületeket érinti. Előzőekben leírtak alapján, mivel a röntgenberendezés teljesítménye, vagyis alkalmazott csőfeszültsége a korábbi berendezés teljesítményére 125 kV értékére lett beállítva, erre való tekintettel **a helyiség árnyékolásvédelme megfelelő.**

Megvizsgáltuk, hogy egy nagyobb teljesítményű – 150 kV-os csőfeszültségű berendezés üzembehelyezésénél milyen eltérő feltételekkel lehetett volna a szerkezetet telepíteni.

A határoló 70 cm-es falak a megfelelő árnyékolást továbbra is biztosították volna, azonban a röntgenmunkahely végleges elrendezési vázrajzán jelzett leletező felé nyíló ajtónak (Lásd: **18. ábra**) a 150 kV -os csőfeszültség értéknek megfelelően, magasabb értékű ólom egyenértékű védelmet kellett volna biztosítani. Ugyan ez a helyzet adódott volna abban az esetben is, amikor a berendezést 90 fokkal elforgatva telepítették volna le, így a direktsugárzás ellen a munkahely megközelítésére alkalmas ajtót a vezérlőfülke ajtóit, valamint ezzel ellentétes irányban lévő ablakok felületét kellett volna méretezni. Az ajtókat itt is az alkalmazott csőfeszültség értéknek megfelelően, szintén magasabb ólom egyenértékű védelemre kellett volna kialakítani. Az ablakok külső parapet magassága meghaladja a 2 m, ezért azt külön árnyékolni nem kellett volna. Az alsó födém tekintetében, mivel a pince szinten lévő kazánház területén kizárt az emberi tartózkodás, vagyis a tartózkodási faktor nulla, így a födém méretezésére sugárvédelmi szempontból nem lett volna szükség, alapesetben a 125 kV -os csőfeszültség esetén sem.

A röntgenmunkahely helyisége **természetes szellőztetéssel rendelkezik.**

A röntgenmunkahely **átvilágításra** is használt munkahely, **az elsötétítést az ablakokra szerelt elektromos redőnyök biztosítják.**

A kiegészítő helyiségek, mint vetkőző fülke, WC száma elegendő. A szabvány a már előzőekben is hivatkozott 6.3.2. pontja alapján a röntgenhelyiséghez 1 db vetkőzőfülke csatlakozik, ez pedig elegendő, mivel az előírt legfeljebb 50 fő/műszak értéket egy műszak esetén sem éri el a betegforgalom. (Lásd: 2.fejezet, 2.3 pont) A vetkőzőfülke betegágygal átjárható, így a szabvány által előírt alapterület igény minimum 2 m² és a legrövidebb oldalméretnek pedig 1,2 m-nek kell lennie. [6] **A vetkőző fülke minimális eltéréssel, de megfelel, mivel alapterület 1,67 m² és 1 m a legrövidebb oldal mérete.**

A röntgenhelyiség páciensforgalmi ajtajain **kívül gombos kilincsek vannak**, elkerülve a helyiségbe történő véletlen, vagy szándékos belépést.

A helyiség összes ajtajának külső oldalain **sugárveszélyre figyelmeztető felirattal** van ellátva. Az ajtók felett **piros fényű sugármenetet jelző lámpa** található.

Előzőekben leírtakat összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az új berendezés telepítése során az új munkahely kialakítása, minimális építészeti átalakítással az **MSZ 824:2017 Szabványban**, valamint a jogszabályban előírt követelményeknek megfelelően sikeresen megvalósult. Végig gondolva a telepítés folyamatát és az épület szerkezeti kialakítását, esetünkben pozitívan értékelhető a határoló falak 70 cm szélessége és az eredetileg kialakított nagy területek, így ez utóbbinál a helyiségben sikerült optimálisan kijelölni a berendezés helyét és nem volt szükség más helyiségekkel való egybenyitással, további területek bevonására sem. A telepítés során az egyetlen legkritikusabb a röntgenberendezés helyszínre történő beszállítása volt, ott éppen egy boltív miatt egyébként sem széles folyosó leszűkülése miatt.

6. HATÓSÁGI ELJÁRÁS, SUGÁRVÉDELEM

Az Országos Atomenergia Hivatal elnökének *az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről* szóló 2/2022. (IV. 29.) Országos Atomenergia Hivatal rendelete (továbbiakban: **OAH rendelet**) szabályozza többek között az ionizáló sugárzást létrehozó berendezés üzemeltetéséhez szükséges engedélyezési eljárást. Az **OAH rendelet** 2022. április 29. napjától hatályos, így a hitelesség kedvéért a dolgozatban a röntgenmunkahely telepítés idejében, 2021-ben érvényes vonatkozó jogszabályok és rendelkezések szerint kívánjuk bemutatni az engedélyezési eljárás folyamatát.

6.1. Röntgenberendezés üzemeltetési engedély hatósági eljárása

Az üzemeltetési **engedélyeztetési eljárás 2021. januárjában kezdődött meg**, az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) részére - az Atomenergia hatósági eljárást Támogató elektronikus Dokumentációs Rendszer (ATDR) felületen benyújtott - kérelemmel még jóval a röntgenberendezés végleges telepítését megelőzően. Az engedélyezési eljárást az Intézmény megbízása alapján sugárvédelmi szakértő folytatta le.

Az engedélykérelem beadását követően a hatóság által hiánypótlásként előírt benyújtandó dokumentumok egyeztetése során derült ki, hogy az Intézménynek félig-meddig párhuzamosan két engedélye van, mert mire kiadták az **újat 2017-ben** addigra a **régi 2012-es** engedély már lejárt.

Ennek okán sajnos nem egy egyszerű eljárást kellett lefolytatni, hanem az időközben a múltban történt változásokat és az **APOLLO DRF** típusú új röntgenberendezés kapcsán történt változtatásokat egyben kellett kezelni.

Jelen eljárás keretében egyrészt kezelni kellett azt a helyzetet, hogy a régi 2012-es engedélyben még szereplő INNOMED gyártmányú TOP-X-HF típusú felvételi röntgen helyette 2017-ben beszerzésre került Control-X Medical Kft. gyártmányú Perform-X DIGI típusú felvételi röntgenberendezésre kiadott 2022. április 3. napjáig érvényes üzemeltetésre vonatkozó engedéllyel egyidejűleg az Intézmény további ionizáló

sugárzást kibocsátó berendezésekre vonatkozó régi 2012-es engedély nem lett meghosszabbítva. Továbbá azt is, hogy az új digitális **APOLLO DRF** típusú röntgenberendezés telepítése kapcsán az átvilágító-felvételi röntgenhelyiségben lévő OREL I típusú átvilágító röntgenkészülék lecserélésre és az OREL gyártmányú TX-I típusú felvételi röntgenkészülék, pedig leselejtezésre került.

Tehát, összegezve az engedélykérelem tartalmazta a régi 2012-es engedély meghosszabbítást a még 2022. április 3. napjáig érvényes engedély visszavonásának kérelmét és a leszerelt berendezések sorsának igazolásáról szóló bejelentést az akkori jogszabályi rendelkezésekben foglaltak figyelembevételével.

Az **APOLLO DRF** típusú digitális távirányítású berendezés telepítésének elhúzódása, vagyis az átvilágító berendezés cseréje és a röntgenmunkahely átépítési munkálatai, valamint a Sugárvédelmi Leírásban a változások átdolgozása miatt **az engedélyezési eljárást 2021. márciusában fel kellett függeszteni.**

2021. május 28. napján történt meg az új **APOLLO DRF** berendezés - klinikai célú használatba vétel előtti - **átvételi vizsgálata**, melyet a Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztálya, Sugáregészségügyi Vizsgáló Laboratóriuma végzett el a röntgenberendezés átvételi és állapotvizsgálati eljárása során. Jelen szabályozás szerint 2022-től ezen vizsgálatot ma már az Országos Atomenergia Hivatal alá tartozó szervezet végzi el.

2021. május 26. napján a korábban kért engedélyezési eljárás **szüneteltetésének megszüntetését kérvényeztük**, illetve a korábban kiírt hiánypótlást részben pótoltuk.

Az OAH felé **2021. június 22. napján valamennyi irat az az üzemeltetésre vonatkozó engedély megadása érdekében beérkezett.** Ezen csatolt dokumentumok az aktualizált Sugárvédelmi Leírás és Sugárvédelmi Szabályzat, valamint a jogszabály által előírt az engedélykérelemhez kötelezően csatolandó Adatlap, továbbá valamennyi ionizáló sugárzást létrehozó berendezések berendezés adatlapjai és az eljárás igazgatási szolgáltatási megfizetésének igazolása voltak.

Az OAH 2021. július 1-jén kiadta a 6 db diagnosztikai röntgenberendezések üzemeltetésére az engedélyt azzal a feltétellel, hogy az engedélyezett tevékenység kizárólag a Sugárvédelmi leírás és Sugárvédelmi Szabályzatban foglaltak betartásával végezhető. Továbbá az APOLLO DRF típusú röntgenberendezést, mint új berendezés üzemeltetését az Országos Atomenergia Hivatal felé a tevékenység megkezdése előtt 30 nappal kötelező bejelenteni. **Az engedély a kiadásának napjától 5 évig, 2026. július 1. napjáig érvényes.**

E közben 2021. július 9-én az Intézmény a Budapest Főváros Kormányhivatala Népegészségügyi Főosztálya (továbbiakban: Főosztály) felhívására írásbeli tájékoztatást adott az ionizáló sugárzást létrehozó berendezésekre kiadott üzemeltetési engedéllyel kapcsolatban, tekintettel arra, hogy a fővárosi és megyei kormányhivatal, valamint a járási (fővárosi kerületi) hivatal népegészségügyi feladatai ellátásáról, továbbá az egészségügyi államigazgatási szerv kijelöléséről szóló 385/2016. (XII. 2.) Korm. rendelet sugáregészségügyi feladatok ellátását érintő módosításáról szóló 303/2020. (VI. 29.) Korm. rendelet értelmében 2020. június 30-ától a sugáregészségügyi feladatokat a főváros és Pest megye területén a Főosztály látja el. A Főosztály feladata többek között az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak nem munkaköri kötelezettségük keretében kitett személyek egészsége védelmének szabályairól szóló Emberi Erőforrások Minisztériuma (EMMI) 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet 11. § (5) bekezdésében foglalt átvételi vizsgálat ellenőrzése.

2021. július 28-án az OAH helyszíni szemléje megtörtént, mely során az akkori jogszabályban meghatározott követelmények teljesülését és a Sugárvédelmi Leírásban foglaltak megvalósulását ellenőrizték. A helyszíni szemle, hatósági ellenőrzés során jogszabálysértésre utaló tény nem került megállapításra. A kisebb hiányosságokat - mint egyéni védőeszköz hiányt, sugármenetre figyelmeztető piroslámpa nem üzemelését, a helyiség számozások, valamint tárcsajelek hiányát - a Kórház 2021. augusztus 24. napján pótolta.

Az OAH 2021. november 3. napján megküldött levelében tájékoztatta az Intézményt arról, hogy a kiadott engedély alapján a határozathoz tartozó ionizáló sugárzást létrehozó berendezéseket egyedi OAH azonosító számokon nyilvántartásba vette.

6.2. Sugárvédelem

Az ionizáló sugárzás alkalmazásának kockázata abban áll, hogy az emberi szervezetben egyrészt elpusztíthatja a sejteket, másrészt kóros elváltozásokat, mutációkat idézhet elő. Minden ionizáló sugárzást kibocsátó orvosi célú képalkotó berendezés sugárterhelést jelent a páciens számára, ezért az ilyen típusú vizsgálatokat csak indokolt esetben szabad elvégezni. Az indokoltság kérdése nem más, mint az, amikor a sugárterhelés lehetséges egészségkárosító hatása kisebb, mint a vizsgálat elmaradásából bekövetkező egészségkárosodás kockázata. Másképpen fogalmazva a pácienst több haszna származik a vizsgált során, mint annak elmaradásából, a helyes diagnózis felállítása érdekében, illetve, ha más módszerrel nem lehet felállítani a helyes diagnózist.

Az ionizáló sugárzás kockázatának kitett csoportok a páciensek, a sugárveszélyes munkakört ellátó dolgozók és a lakosság tagjai, ideértve a nem sugárveszélyes munkakörbe beosztott dolgozókat is.

A páciensek direkt és szórt sugárzás kockázatának, míg a dolgozók és a lakosság tagjai csak szórt sugárzás kockázatának vannak kitéve.

A kockázatok csökkentése érdekében a jó diagnosztikai eredményt adó képminőség elérése mellett fontos a minimális kV, mA és expozíciós idő alkalmazása, a hibás felvételek készítésének, valamint a gyakran ismétlődő vizsgálatok elkerülése.

6.2.1. Sugárvédelmi körülmények a Bethesda Gyermekkórházban

A Bethesda Gyermekkórház Gyermekradiológia osztályán 5 fő radiológus szakorvos és 5 fő röntgen asszisztens dolgozik. Egyéb osztályokat is beleértve további 48 dolgozó, így összesen 58 fő dolgozik a kórházban közvetlen sugárveszélyes munkakörben.

A sugárveszélyes tevékenységet a röntgenmunkahelyeken, a műtőkben, valamint a mobil berendezésekkel a kórtermekben végzik. Ennek megfelelően sugárveszély tevékenységek a radiológus szakorvos, a röntgen asszisztens, a sebész, a műtősnő, a műtősegéd, aneszteziológus szakorvos, aneszteziológus asszisztens, fogszakorvos, fogászati asszisztens munkakörökre terjed ki. [5]

Az **OAH rendelet** szabályozza a munkavállalók esetében a foglalkoztatás tekintetében a foglalkozási sugárterhelés dóziskorlátok mértékét. Az effektív dózis-korlát mértéke évi 20 mSv, emellett az egyenértékdózisokra meghatározott korlátok mértéke, szemlencse esetén évi 20 mSv, bőrfelületekre évi 500 mSv, végtagokra évi 500 mSv.

Az Gyermekradiológia osztályon dolgozók sugárterhelésnek kitett munkavállalói csoportba tartoznak, így valamennyiük hatósági Termolumineszcens Dózismérő (TLD) viselésére kötelezettek. A munkavállalók sugárterhelése a dózismérők visszajelzése alapján nem haladja meg az évi 6 mSv effektív dózisértéket, a szemlencse esetében az évi 15 mSv, illetve a bőr és a végtagok esetében az évi 150 mSv egyenértékdózist. [5]

A sugárveszély munkakörben dolgozók mindegyike az **AOH rendeletben** előírt sugárvédelmi képzettséggel, illetve orvosi alkalmassági vizsgálattal rendelkezik.

A dolgozóknak munkavégzésük során be kell tartaniuk a vonatkozó jogszabályok, szabványok a Sugárvédelmi Szabályzat és Sugárvédelmi Leírásban foglaltakat. Munkájuk felügyeletét a sugárvédelmi megbízott és annak helyettese látja el. [5]

Valamennyi közvetlen sugárveszélyes munkakörben dolgozó részére megfelelő számú egyéni védőeszköz áll rendelkezésre, melyet kötelező előírászerűen használni és tárolni.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen dolgozatban egy új APOLLO DRF típusú digitális távirányítású röntgenberendezés telepítési projektnek folyamata került bemutatásra, amely kiter a meglévő röntgenmunkahely átalakítási munkálataira, valamint egy új röntgenmunkahely kialakítására és annak hatósági engedélyezési folyamatára.

A dolgozat bemutatja a kórház múltján keresztül **az épületegyüttes jelenlegi helyét és annak belső építészeti kialakításának akkori célját**, miszerint a terek kiépítése az akkoriban jellemzően végzett gyógyító tevékenységre alapultak, amelyek az eltelt időt nézve lényegében semmit sem változtak az átalakítások és korszerűsítések folytán sem. **Az épület e tekintetben sohasem egy klasszikus értelemben vett kórháznak épült.**

Ahhoz, hogy egy kórházat az egészségügy ellátó rendszerben el tudjuk helyezni, továbbá működésének mechanizmusát megismerjük, bizonyos fejlesztéseket végre tudjunk hajtani, a **dolgozatban definiálásra kerültek az egyes progresszivitási szintek** majd tárgyalásra került **a minimumrendelet ismeretének fontossága**, különösen a **Gyermekekradiológia osztály tevékenységének ellátáshoz kapcsolódóan**. Az Intézmény **2022-es évi betegforgalmi adatai rámutattak** arra, hogy a növekvő esetszámok a Kórház egyik legnagyobb betegforgalmú osztálya esetében is hasonló esetszámnövekedést kumulálva, megalapozta az **Gyermekekradiológiai osztály fejlesztésének lehetőségét**.

A röntgenvizsgálat a röntgensugárzás felfedését követően közel 50 évig a legelterjedtebb képalkotó eljárás volt és ma is az egyik legismertebb orvosi diagnosztika képalkotó eljárás egyike. **Ahhoz, hogy tudjuk milyen folyamatok játszódnak le az emberi szervezetben a röntgenvizsgálat közben, miként történik a képalkotás, szükséges az alapismeretek elsajátítása.** A fizikai alapok keretében a **röntgensugárzás keletkezése, tulajdonsága, a röntgenvizsgálatok fajtái, röntgenkép keletkezésének elvei** kerültek röviden ismertetésre.

A **digitális képalkotó berendezés** rendszertехnikai felépítésén keresztül a **röntgensugárral történő képalkotás folyamatának fizikai háttere és technikai elemei kerültek taglalásra**. Technikai újdonságként a **fotonszámláló detektor**, mint a legmodernebb elven működő detektáló **eszköz került ismertetésre**.

Ahhoz, hogy a röntgenvizsgálat ellátása a járó- és fekvőbetegellátási szinten zavartalanul tudjon funkcionálni, ennek érdekében a **radiológia munkahely kialakítás** feltételeinek maradéktalanul teljesülni kell. Ezen feltételek olyan mélységig kerültek kidolgozásra, hogy az a dolgozat további szakaszában tárgyalt **APOLLO DRF típusú röntgenberendezés telepítésével kapcsolatosan** ne okozzon értelmezési nehézséget. A szakdolgozat az **általános követelmények** mellett sorban fejtegeti az olyan fogalmakat, mint **beszállítási útvonal, röntgenberendezés tájolása, röntgenberendezés elektromos ellátása, helyiség szellőztetés, akadálymentes megközelítés, vezérlő fülke kialakítás**.

A szakdolgozat utolsó fejezetei az **APOLLO DRF típusú röntgenberendezés telepítési folyamatát dolgozta fel** egy adott normakörnyezetben. A röntgenmunkahelyek telepítésre vonatkozó háttérrel képező szabályozás a megvalósítás tekintetében pontos keretet ad. Így e keretek mentén **bemutatásra került a röntgenmunkahely kialakításának eredményes megvalósítása**, a röntgenberendezés üzemeltetéséhez szükséges **hatósági engedélyei eljárás folyamata** és a Bethesda Gyermekkórház **sugárvédelmi körülményeinek helyzete**.

Egy új röntgenberendezés beszerzése, telepítése, üzemeltetésre vonatkozó engedélyezési eljárása egy hosszú folyamat. A biztonságos betegellátás érdekében, felkészültnek kell lenni minden területen, olyan előre nem látható akadályozó körülményekre is, amelyeket a lehető leggyorsabban le kell tudni reagálni, meg kell oldani. Ennek kapcsán különös gondot kell fordítani a beszerzés előkészítésére, a pontos műszaki tartalom kidolgozására.

A közös - orvosi, műszaki, gazdasági - szakmai területek együttes munkája érdekében Intézményi szinten **ki kell dolgozni egy beszerzési szabályzatot** és azt mihamarabb be kell vezetni.

A beszerzési folyamat „lehetséges” résztvevőit **folyamatosan képezni kell** belső – és/vagy külső tanfolyamok, előadások, iskolák keretében, a megfelelő tudás elérése érdekében.

Érdekeltté kell tenni a beszerzési eljárásban résztvevőket egy sikeres projektmegvalósítás kapcsán, munkájuk elismerésével.

Végül a beszerzések időben történő megvalósítása érdekében, Intézményi szinten éves **Beruházási tervet kell készíteni**, ezzel valamennyi vezetőt ösztönözve az előre tervezésre.

A **menedzsment részéről maximális elköteleződés és a szabályozási folyamat** bevezetésének **támogatása** szükséges, valamint a folyamat eredményes végrehajtása érdekében folyamatos visszacsatolás lehetőségének biztosítása egyeztetések, szakmai fórumok keretében.

Szélesebb körben a magyarországi kórházak épületállományait nézve, **javaslom egy olyan alkalmazási modellként tekintendő módszertani útmutató kidolgozását, amely a dolgozatomban felvázolt több mint 100 éves öreg épületek épületegyüttes(ek) szempontjából iránymutatást ad röntgenmunkahelyek létesítésére, kialakítására vonatkozóan.** Teljes telepítési folyamatok bemutatása, többféle röntgen típus eseteinek felvázolása kapcsán a kritikus pontok, lényeges elemek mind építészeti, tartószerkezeti (statikai) orvostechnológia, villamosenergiaellátás területek tekintetében.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Jobbágy Ákos - Varga Sándor: Orvosbiológia mérés technika, Typotex Kiadó Budapest, 2013
- [2] Dr. Kozmann György: Orvosi Méréselmélet, egyetemi jegyzet, Veszprém, 2013.
- [3] Orvosi képzés fizikája (Szerkesztő: Prof. Bogner Péter) /Bogner Péter, Walter Róbert: 1-9.fejezet: Energia és Sugárzás, 6.-116. oldal, Medicina Könyvkiadó Zrt. Budapest, 2014
- [4] Magyarországi Református Egyház Bethesda Gyermekkórháza Sugárvédelmi Leírás a 1146 Budapest, Bethesda utca 3 szám alatti röntgen munkahelyeire. Készítette: Balla Gergely sugárvédelmi szakértő (Készült: 2021.06.22.)
- [5] Magyarországi Református Egyház Bethesda Gyermekkórháza Szabályzat a 1146 Budapest, Bethesda utca 3 szám alatti röntgen munkahelyeire. Készítette: Balla Gergely sugárvédelmi szakértő (Készült: 2021.06.22.)
- [6] MSZ 824:2017 Sugárzás elleni védelem orvosi és állatorvosi röntgenmunkahelyeken MAGYAR SZABVÁNY MSZ 824. (Kiadja: Magyar Szabványügyi Testület, 2017)
- [7] VILLA SISTEM MEDICAL által készített Packing list, készült: 2021.02.24.

Elektronikus hivatkozások

- [8] A Bethesda története I. <https://reformatus.hu/egyhazunk/hirek/a-bethesda-tortenete-i/> (Utolsó letöltés: 2023.10.22.)
- [9] A Bethesda története II. <https://reformatus.hu/egyhazunk/hirek/a-bethesda-tortenete-ii/> (Utolsó letöltés: 2023.10.22.)
- [10] A Bethesda története III. <https://reformatus.hu/egyhazunk/hirek/bethesda-tortenete-iii/> (Utolsó letöltés: 2023.10.22.)

- [11] MAGYARORSZÁGI REFORMÁTUS EGYHÁZ BETHESDA GYERMEKKÓRHÁZA - MINŐSÉGIRÁNYÍTÁSI KÉZIKÖNYVE (belső intranet) (utolsó letöltés: 2023. 10.22.)
- [121] Bethesda Gyermekkórház működési engedélye (hatósági nyilvántartás) https://www.antsz.hu/felso_menu/ugyintezes/hatosagi_nyilvantartas/eu_ig_nyilva_ntartasok/mukodesi_engedelyek / <https://www.antsz.hu/euszolg> (Utolsó letöltés: 2023.10.22.)
- [13] ÁEEK Egészségtudományi Fogalomtár: Progresszivitási szintek fogalma, https://fogalomtar.aEEK.hu/index.php/Progresszivit%C3%A1si_szintek (Utolsó letöltés: 2023.10.23.)
- [14] *az egészségügyi szolgáltatások nyújtásához szükséges szakmai minimumfeltételekről szóló 60/2003. (X. 20.) ESzCsM rendelet,* <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0300060.esc> (Utolsó letöltés: 2023.12.01.)
- [15] Magyar Mérnöki Kamara Egészségügyi – Műszaki Tagozata (FAP - 1/2015/1.) Az egészségügyi „minimumrendelet” legújabb módosításainak (2013-2015) értelmezése és magyarázata az egészségügyi létesítmények tervezésének felhasználásához. (összeállította Dr. Forgács Lajos) Budapest, 2015. szeptember <https://www.mmk.hu/tagjainknak/segedletek/fap#egeszsegugyi-muszaki> (Utolsó letöltés: 2023.10.23.)
- [16] Magyar Mérnöki Kamara Egészségügyi – Műszaki Tagozata (FAP 462016) Az egészségügyi technológia fejlődéseinek hatásai az egészségügyi létesítmények tervezésére 2. rész.: Képzőképző diagnosztikai eljárások fejlődése és ezek hatásai a sz egészségügyi létesítmények tervezésére. Tanulmány, szakmai segédlet (összeállította, témavezető: Dr. Forgács Lajos) Budapest, 2016. szeptember <https://www.mmk.hu/tagjainknak/segedletek/fap#egeszsegugyi-muszaki> (Utolsó letöltés: 2023.10.23.)

- [17] Az 1896-os röntgenőrület, írta: Sylvia Pamboukian, Victorian Review, Vol27, 2. szám (2001)56-74 A Johns Hopkins University Press <https://daily.jstor.org/the-x-ray-craze-of-1896/> (utolsó letöltés: 2023. 10.31.)
- [18] A 19. század végén pont olyan őrület volt a röntgengép, mint pár éve a Pokémon Go...Telex - <https://telex.hu/eszcombajn/2021/07/19/rontgen-wilhelm-rontgen-diy-csinald-magad> (utolsó letöltés: 2023. 10.31.)
- [19] ÁEEK Egészségtudományi Fogalomtár: Orvosi képalkotó eljárás, https://fogalomtar.aEEK.hu/index.php/K%C3%A9palkot%C3%B3_elj%C3%A1r%C3%A1s (utolsó letöltés: 2023. 10.31.)
- [20] ÁEEK Egészségtudományi Fogalomtár: Digitális radiológia, https://fogalomtar.aEEK.hu/index.php/Digit%C3%A1lis_radiol%C3%B3gia (utolsó letöltés: 2023. 10.31.)
- [21] Képalkotási gyakorlatok (Szerkesztő: Bogner Péter) Medicina Könyvkiadó Zrt. Budapest,2014,https://tamop.etk.pte.hu/tamop412A/tananyag/Kepalkotasi_gyakorlatok/kepalkotasi_gyakorlatok.pdf elektronikus tananyag: (utolsó letöltés: 2023. 10.31.)
- [22] Energia Integráló detektor, <https://www.siemens-healthineers.com/en-us/computed-tomography/technologies-and-innovations/photon-counting-ct> (utolsó letöltés: 2023.11.27.)
- [23] Fotonszámláló detektor, <https://www.siemens-healthineers.com/en-us/computed-tomography/technologies-and-innovations/photon-counting-ct> (utolsó letöltés: 2023.11.27.)
- [24] Digitális röntgendetektorok ppt. – Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar (OE-KVK) Oktatási segédanyag, belső használatra
- [25] SOMATOM Force ppt. – Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar (OE-KVK) Oktatási segédanyag, belső használatra

- [26] Wilhelm Röntgen első orvosi röntgenfelvétele felesége Anna Bertha Ludwig kezéről 18951222.jpg, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:First_medical_X-ray_by Wilhelm R%C3%B6ntgen of his wife Anna Bertha Ludwig%27s hand - 18951222.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:First_medical_X-ray_by_Wilhelm_R%C3%B6ntgen_of_his_wife_Anna_Bertha_Ludwig%27s_hand_-_18951222.jpg) (utolsó letöltés: 2023. 11.13.)
- [27] ÁEEK Egészségtudományi Fogalomtár: DICOM
<https://fogalomtar.aEEK.hu/index.php/DICOM> (utolsó letöltés: 2023.11.13.)
- [28] ÁEEK Egészségtudományi Fogalomtár: PACS
<https://fogalomtar.aEEK.hu/index.php/PACS> (utolsó letöltés: 2023.11.13.)

TARTALMI KIVONAT

Wilhelm Conrad Röntgen felfedezése óta az analóg képalkotástól a digitális képmegjelenítésig a röntgentechnika hatalmas átalakuláson ment keresztül.

A gyorsan fejlődő orvostudományhoz való alkalmazkodás, valamint a röntgentechnika területén történt digitális rendszerek rohamléptekben történő fejlődése az egészségügyi szolgáltatókat arra ösztönzi, hogy az elavult berendezéseiket modernbb digitális röntgenberendezésekre cseréljék.

A szakdolgozat a Bethesda Gyermekkorház, Gyermekradiológiai osztályának röntgenberendezés fejlesztése kapcsán egy korszerű APOLLO DRF típusú digitális röntgenberendezés telepítési folyamatát dolgozza fel, mellyel összefüggésben adott normatív környezetben bemutatja a kialakítandó röntgenmunkahely teljeskörű megvalósítását, a röntgenberendezés üzemeltetéséhez szükséges hatósági engedélyezési eljárást, valamint a sugárvédelmi viszonyokat.

Röntgentechnológia, röntgentechnika keretében az orvosi célú képalkotás értelmezésén túl osztályozza a képalkotó készülékeket és a röntgenvizsgálatok fajtáit. A röntgenkép keletkezés elvének megértése érdekében feldolgozza a fizikai alapokat, majd az analóg és digitális módon történő képmegjelenítésen keresztül a digitális röntgen képalkotó berendezés rendszertechnikai felépítését mutatja be.

A radiológia területén a biztonságosabb és gyorsabb betegellátás érdekében a modern, digitális röntgenberendezések alkalmazásával a röntgenkép megjelenítés minőségromlása nélkül, csökkenthető mind a paciens mind a kezelőszemélyzet sugárterhelése, minimalizálható a sugárdózis mértéke.

SUMMARY

Since Wilhelm Conrad Röntgen's discovery of analogue imaging to digital image display, X-ray technology has undergone a tremendous transformation.

Adaptation to rapidly evolving medical science and the development of X-ray technology the rapid development of digital systems in the field of X-ray imaging healthcare providers to upgrade their outdated equipment to more modern digital X-ray equipment.

The thesis deals with the installation process of a state-of-the-art APOLLO DRF type digital X-ray system for the Department of Paediatric Radiology, Bethesda Children's Hospital and, in this context, in a given normative context, describes the complete realisation of the X-ray workplace to be constructed, the official authorisation procedure required for the operation of the X-ray equipment and the radiation protection conditions.

In the context of X-ray technology, X-ray technology, in addition to the interpretation of medical imaging, classifies imaging devices and types of X-ray examinations. In order to understand the principle of X-ray image generation, the physics is explained, followed by the system architecture of digital X-ray imaging equipment through analogue and digital image display.

In the field of radiology, the use of modern digital X-ray equipment can reduce the radiation exposure of both the patient and the operator without compromising the quality of the image, minimise the radiation dose.