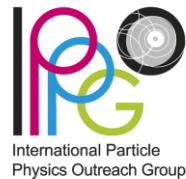


# Particle Therapy Masterclass



**Initiated by:**

Yiota Foka (Coordinator - CERN, IPPOG), Niklas Wahl (DKFZ), Hans-Peter Wieser (DKFZ, LMU), Christian Graeff (GSI)

## 1. Intensyvus dalelių terapijos kursas

**Skaidres išvertė:**

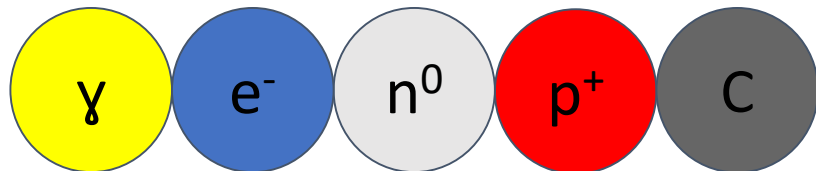
**Dr. Benas Gabrielis Urbonavičius**

**Slides by:**

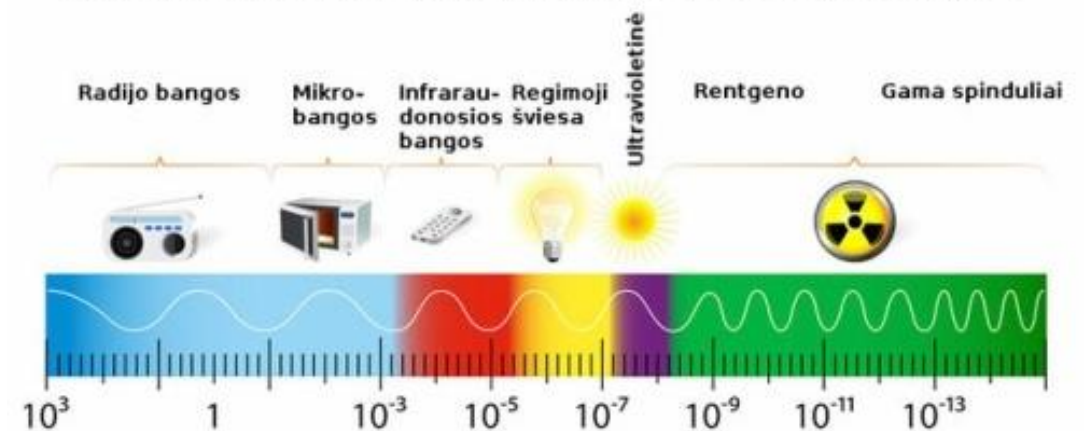
Viridiana Badillo (FI-UNAM)  
Enrique Sánchez (FI-UNAM)  
Aris Mamaras (AUPh)  
Martina Palkowitsch (DKFZ)  
Niklas Wahl (DKFZ)  
Yiota Foka (IPPOG, CERN)

# 1. Kas yra spindulinė terapija?

- jonizuojančią spinduliuotę naudoja DNR pažeisti vėžines ląsteles
- jo tikslas yra sunaikinti arba „kontroliuoti“ vėžines ląsteles ir tuo pačiu išsaugoti sveikas ląsteles
- naudojamos skirtingos apšvitos sąlygos:
  - įprastinė spindulinė terapija
    - elektronai
    - fotonai
  - dalelių terapija
    - hadronai: daugiausia protonai, taip pat galimi neutronai
    - Jonai: daugiausia anglies jonai

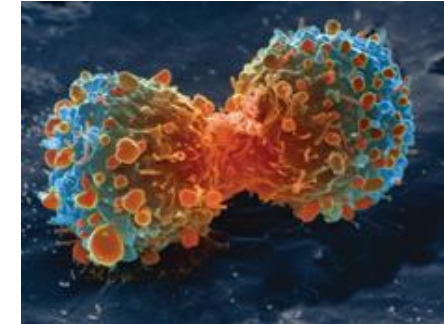


## ELEKTROMAGNETINIS SPEKTRAS



# 2. Vėžys

- Nekontroliuojamas ląstelių dauginimasis ir augimas
- Vėžys gali išplisti į skirtingas kūno vietas
- Virš 100 skirtingų rūšių



[2]

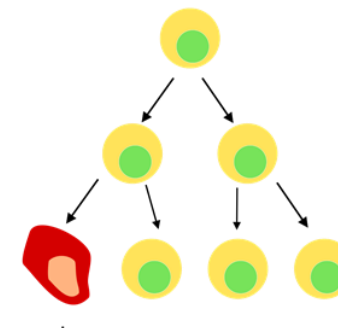
Plaučių vėžinės ląstelės dalinimosi metu

## Vėžio formavimosi teorija:

(atsitiktinės) mutacijos vyksta greičiau nei natūrali ląstelių mirtis  
→ ląstelės turi būti pašalintos (nužudytos) rankiniu būdu

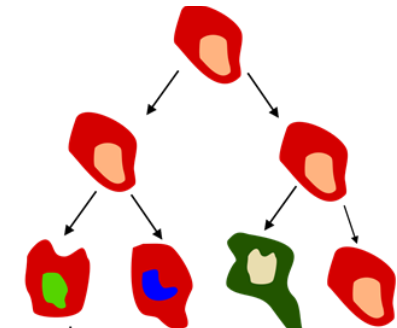
## sveikos ląstelės vs. vėžinės ląstelės

Normalus ląstelių dalijimasis



ląstelės mirtis

Vėžinių ląstelių dalijimasis



Nevaldomas dalijimasis ir mutacijos

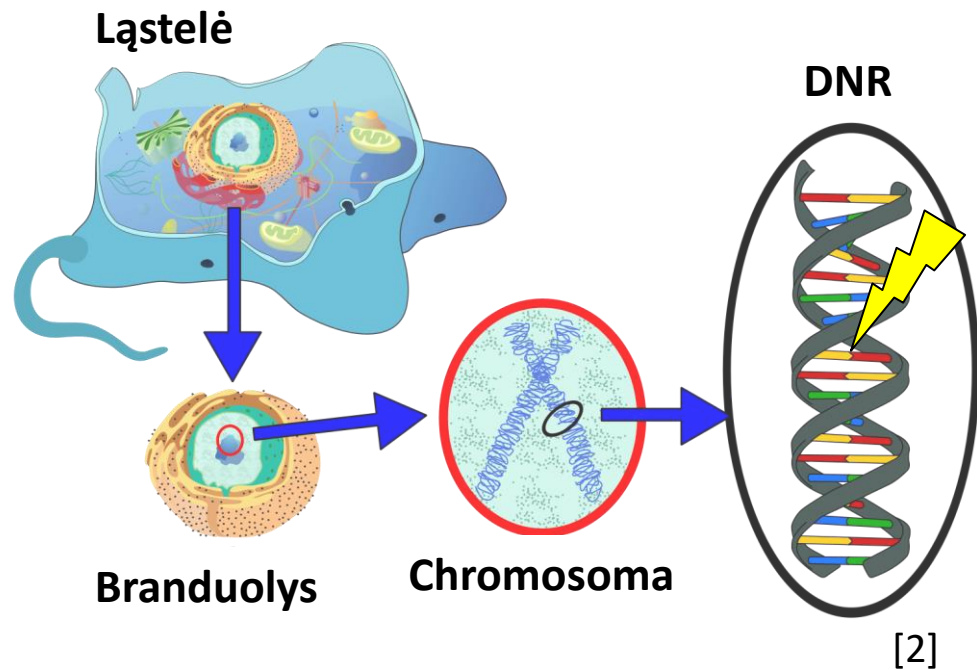
[1]

[1] Garak76, Suhadi Jorhaa'ir ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zellteilung\\_normal\\_im\\_Gegensatz\\_zu\\_Krebs.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zellteilung_normal_im_Gegensatz_zu_Krebs.svg)), „Zellteilung normal im Gegensatz zu Krebs“

[2] fineartamerica - Lung Cancer Cell Division. - Accessed from <https://fineartamerica.com/featured/lung-cancer-cell-division-sem-steve-gschmeissner.html?product=metal-print> on 12.02.2021. Lettering was adapted.

# 3. Radioterapija - biologija

> 50% vidų onkologinių ligonių gydomi spinduline terapija[1]



**Fizikinė fazė:**  $10^{-18}$  iki  $10^{-14}$  s

Sąveika tarp jonizuojančios spinduliuotės ir ląstelių atomų

**Cheminė fazė:** 1ms iki ~ min

Reaktyvūs radikalai chemiškai sąveikauja su molekulėmis ląstelėje ir keičia jų cheminę sudėtį

**Biologinė fazė:** 1s iki metų

Ląstelių mirtis, organizmo funkcijų pakitimai

[1] Atun R. Jaffray et. al, Expanding global access to radiotherapy. Lancet Oncol., 2015

[2] Sponk, Tryphon, Magnus Manske, User:Dietzel65, LadyofHats (Mariana Ruiz), Radio89 ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eukaryote\\_DNA-en.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eukaryote_DNA-en.svg)), „Eukaryote DNA-en“, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

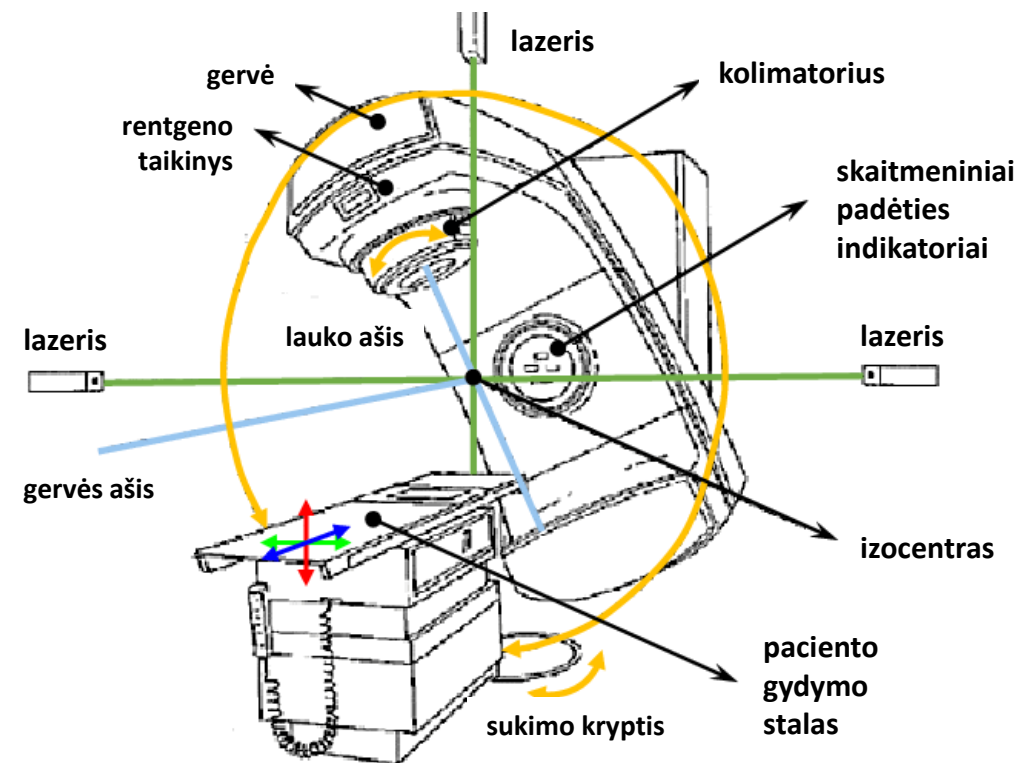
# 4. Klasikinė spindulinė terapija

- Naudojami foto: neturi masės ir elektrinio krūvi juda šviesos greičiu
- Nėra įgreitinimo, tačiau galima valdyti energiją

Kaip sugeneruoti? Galime greitinti elektronus!

- Įgreitinti elektronai pataiko į taikinį
- Elektronai prarandą energiją kaip “bremsstrahl” **didelės energijos fotonus**

- gervė: judina spinduliuotės šaltinį aplink pacientą
- lova: suka pacientą



[1]

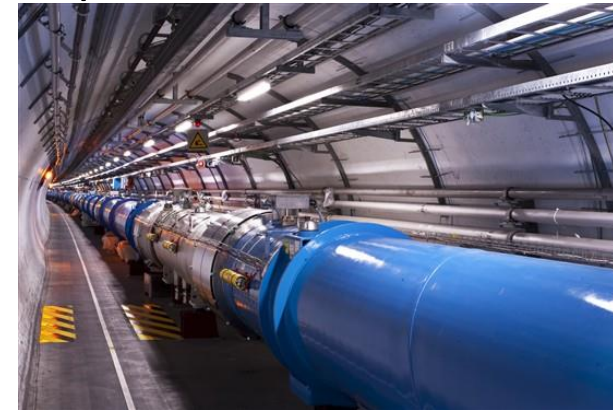
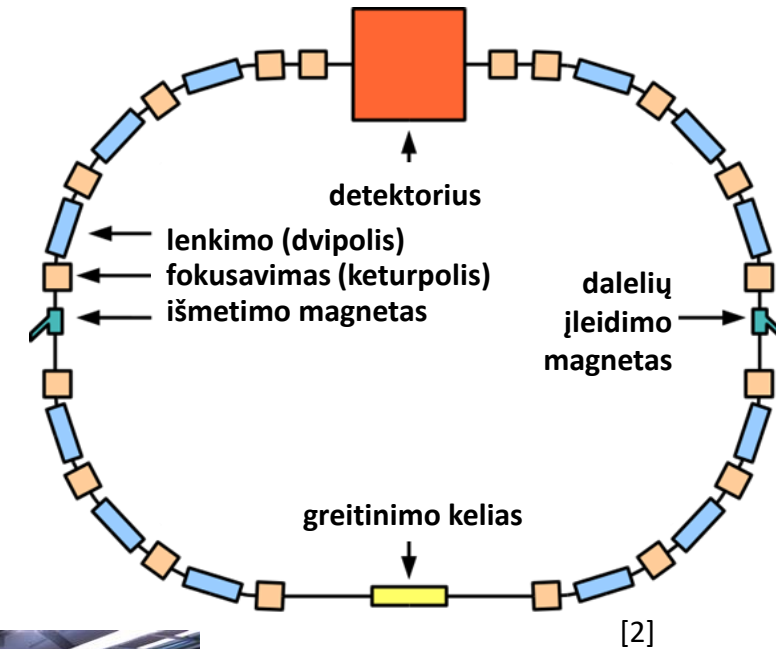
[1] ResearchGate – Schematic depiction of a linear accelerator (LINAC) used in External Beam Radiation. Accessed from [https://www.researchgate.net/figure/Schematic-depiction-of-a-linear-accelerator-LINAC-used-in-External-Beam-Radiation\\_fig1\\_334378462](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-depiction-of-a-linear-accelerator-LINAC-used-in-External-Beam-Radiation_fig1_334378462).



# 5. Dalelių terapija – dalelių greitintuvas

Kaip galime generuoti didelės energijos protonus ir jonus?

- greitinimas elektriniu lauku
- Tiesinis arba **žiedinis greitintuvas** (priklausomai nuo reikalingos energijos)  
→ pvz. Dydisis Hadronų Greitintuvas LHC (CERN)
- kuo didesnė dalelės masė, tuo didesnės energijos ir greitintuvo reikia greitinimui
- dideli ir brangūs greintituvai



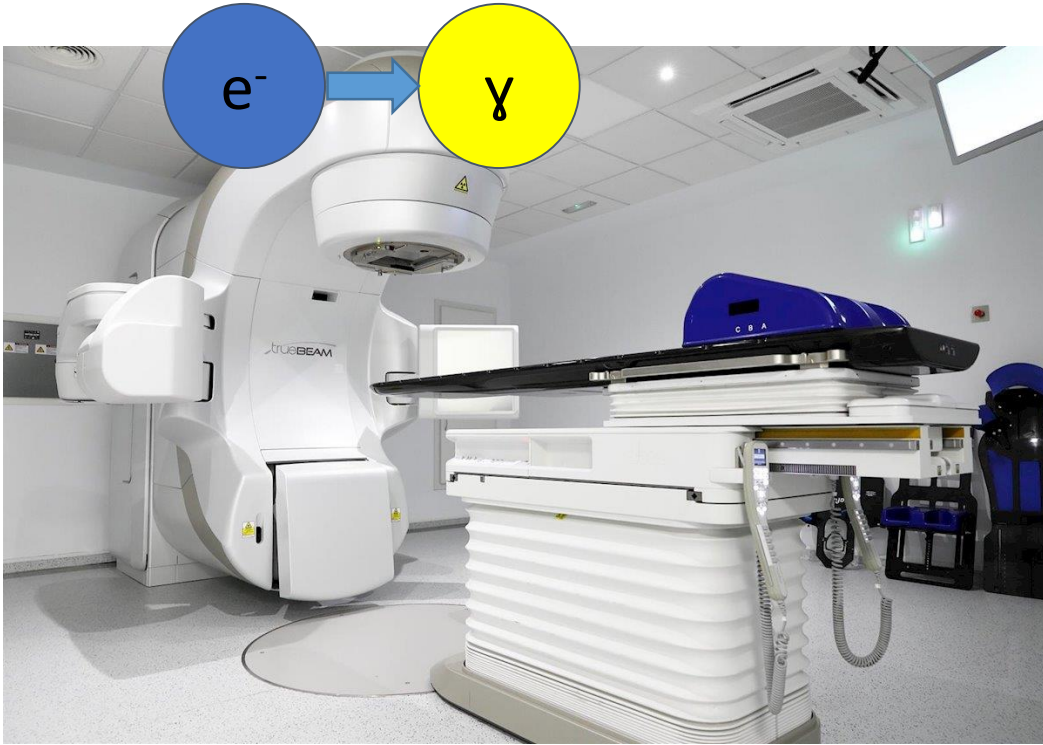
[1]

[2]

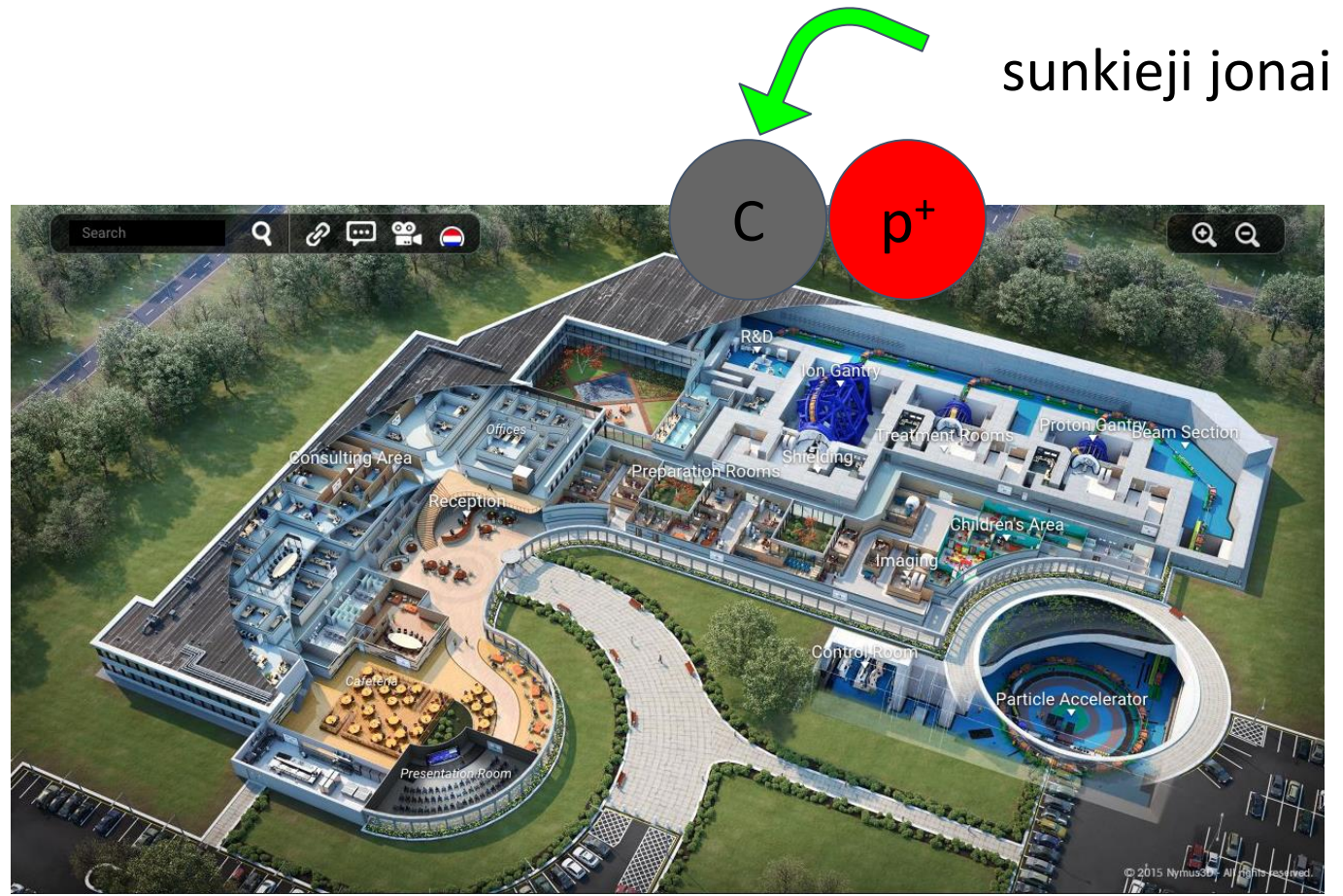
[1] Maximilien Brice ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CERN\\_LHC.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CERN_LHC.jpg)), <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>

[2] No machine-readable author provided. Florian DO assumed (based on copyright claims). ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Storage\\_ring\\_de.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Storage_ring_de.svg)), „Storage ring de“, lettering was adapted, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

# 6. Įranga



LINAC – linijinis greitintuvas  
\$\$\$



Žiedinis greitintuvas  
\$\$\$\$\$\$



# 6. Įranga

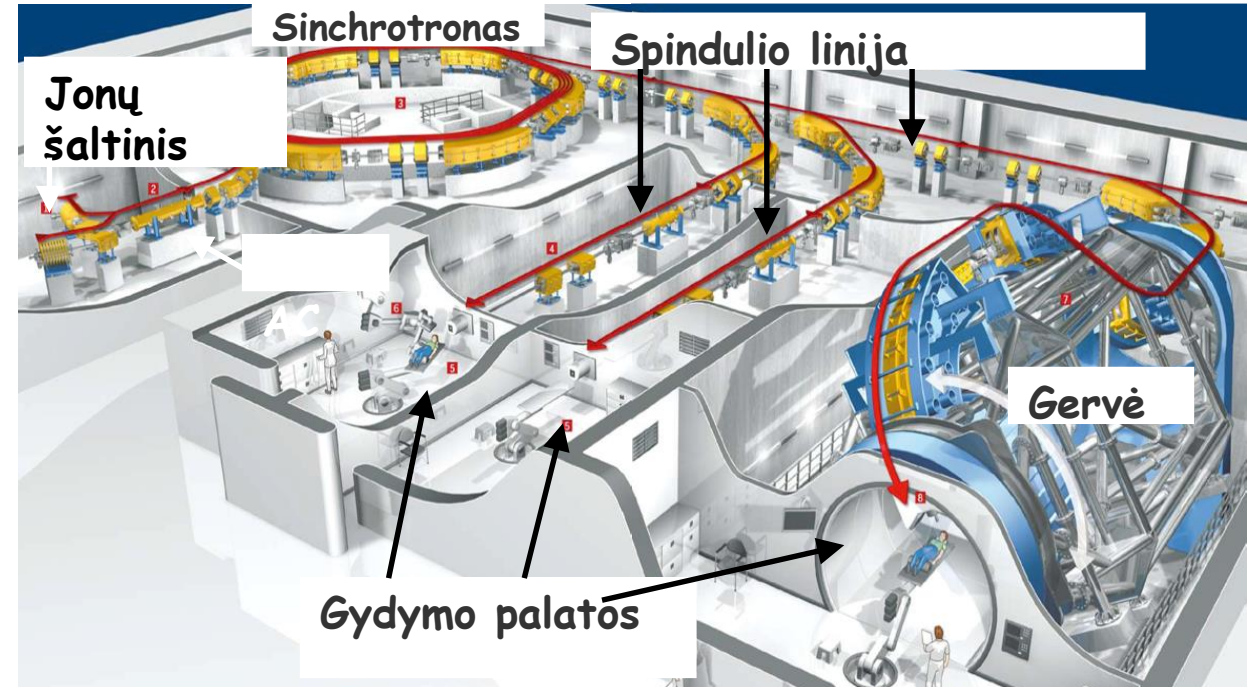
Visi gydymo dalelėmis centrai turi stacionarias jonų linijas.

Kai kurie turi judančias gerves (dažnai su protonais, bet tik dvi pasaulyje su anglies jonais)

Atskaitos taškas dažniausiai perkeliamas į vežinio darinio centrą (izocentrą)

Meistriškumo pamokoje dirbsime su judančia gerve

Heidelberg jonų terapijos centras (HIT)



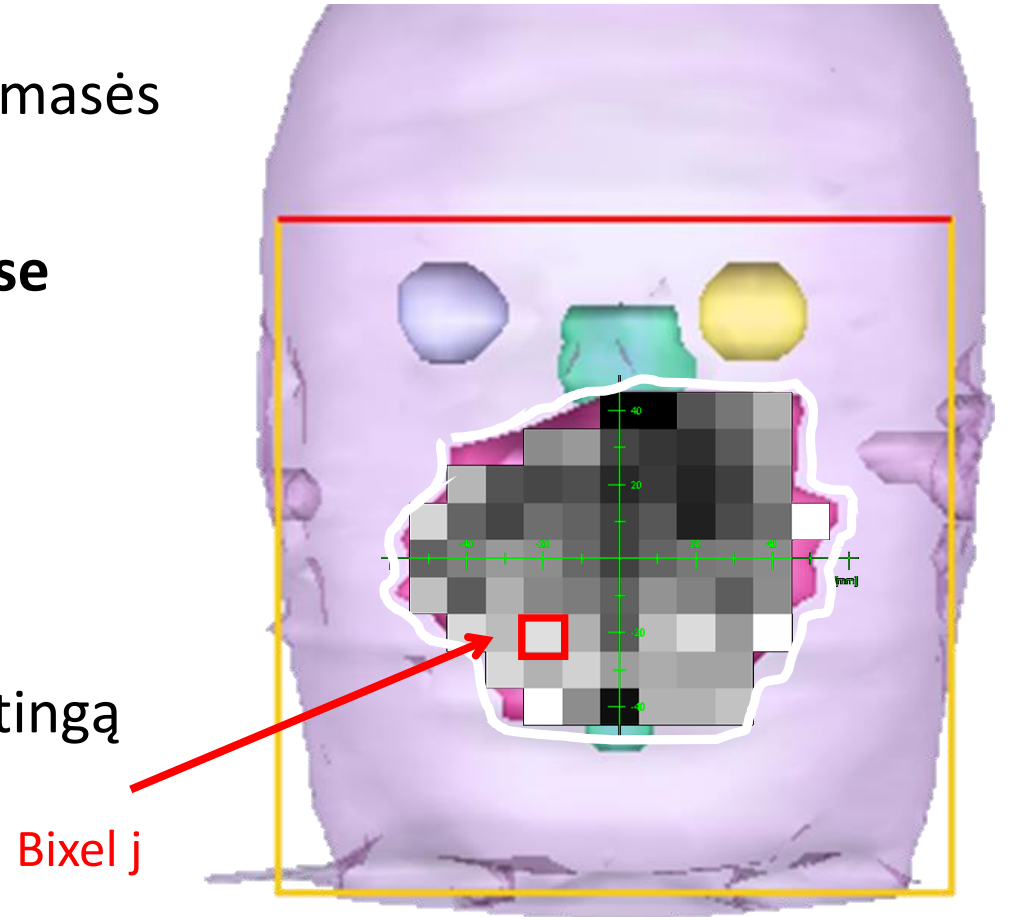
[1]

[1] Universitätsklinikum Heidelberg – HIT Broschüre - HIT Ionentherapieanlage. Accessed from [https://www.klinikum.uni-heidelberg.de/fileadmin/hit/dokumente/HIT\\_Broschuere.pdf](https://www.klinikum.uni-heidelberg.de/fileadmin/hit/dokumente/HIT_Broschuere.pdf) on 12.02.2021



# 7. Svarbiausios koncepcijos

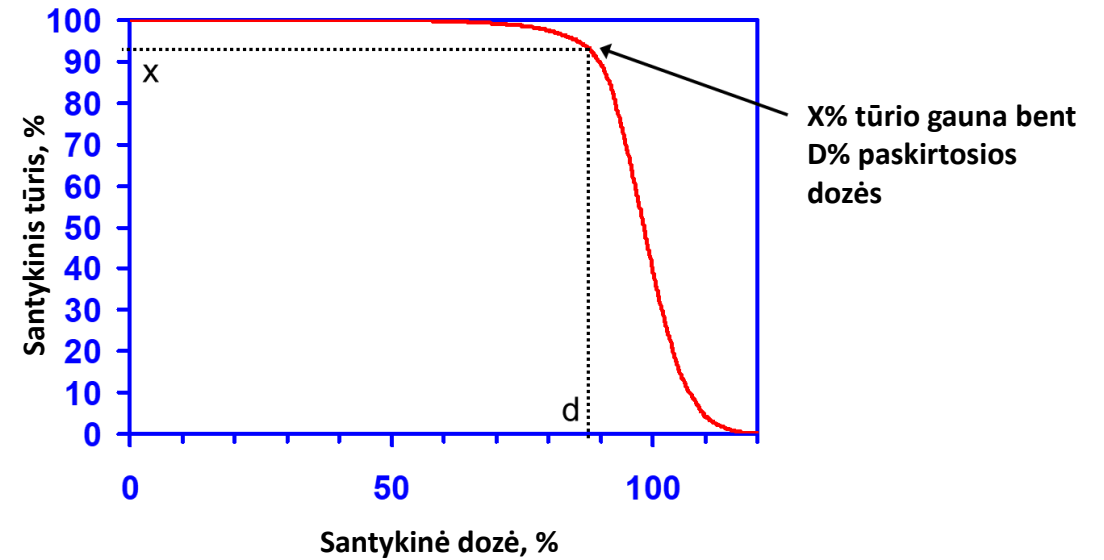
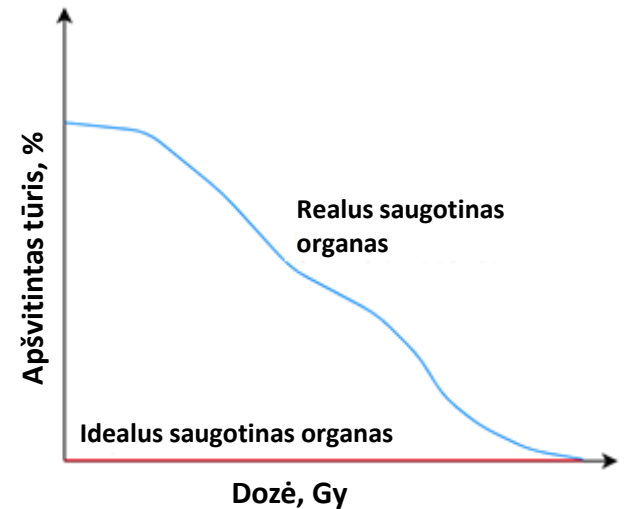
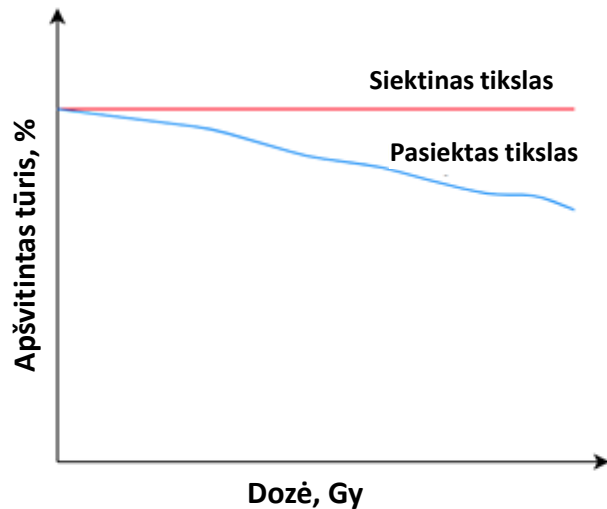
- **Sugertoji dozė:** Spinduliuotės energija tenkanti masės vienetui. Matuojama grėjais ( $1 \text{ J/kg} = 1 \text{ Gy}$ ).
- **Moduliuoto intensyvumo fotonai pieštukiniuose laukuose:**  
Pieštukiniai laukai formuoja “pikslius” lauko skerspjuvyje (arba bendrame fluence)  
= “bixel” (**B**eam (laukas) + **P**ixel)  
Kiekvienam pieštukiniam laukui suteikiame skirtingą svorį (daugiau/mažiau fotonų)



# 7. Svarbiausios koncepcijos

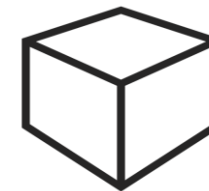
- **DVH:** dozės-tūrio histogrma.

Idealiu atveju apšvitinamas tik vėžinis darinys apsaugant aplinkinius organus.



# 7. Svarbiausios koncepcijos

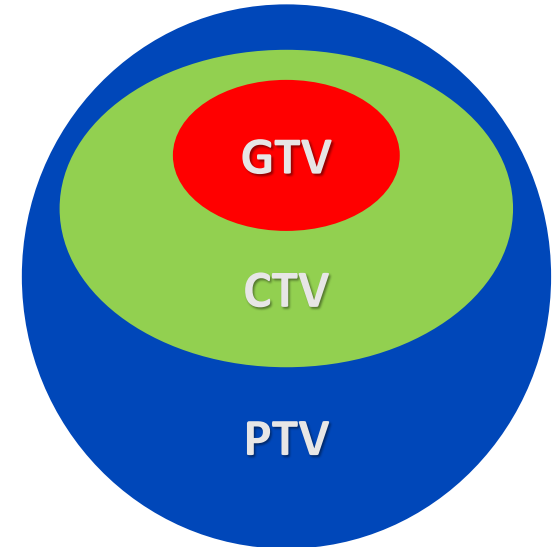
- **RBE:** Santykinis biologinis efektyvumas. Dydis naudojamas vienos spinduliuotės rūšies (pvz. dalelių) palyginimui su atramine spinduliuotės rūšimi (pvz. fotonais) pagal jų biologinį efektyvumą (sukeltą biologinę žalą).
- **Voxel:** tūrinis taškas (pikselis). Vokselis – tūrio elementas). Yra mažiausias elementas nagrinėjant tūrinius objektus.
- **VOI:** nagrinėjamas tūris
- **OAR:** organas galimai gausiantis apšvitą.





# 7. Svarbiausios koncepcijos

- **Apibrėžtas taikinio tūris (GTV).**
  - Vėžinis tūris matomas vaizduose.
- **Klinikinis taikinio tūris (CTV).**
  - Tūris apimantis GTV bei tūris kuriame galimos vaizduose nematomos vėžinės ląstelės
- **Planuojamas taikinio tūris (PTV).**
  - Apima GTV ir CTV bei papildomą tūrinę atsargą dėl apšvitos neapibrėžčių.



Esame  
pasiruošę  
tolesniam  
žingsniui!

atsidarykite bylą  
"2\_matRad"

