

# Kiihdytinsuunnittelu ja lääketieteelliset sovellukset CERNissä

Heli Huttunen

Väitöskirjatutkija, Helsingin yliopisto & CERN



Finnish High School Student Programme

# Kuka olen?

- Väitöskirjatutkija
  - lääketieteellisen fysiikan linja, Helsingin yliopisto
  - CERN PhD Student programme
- CERNissä kevästä 2023



# Miten päädyin tänne?

2016: Lukion CERN vierailu - en päässyt mukaan :(

2017: Yliopisto alkaa

2017-2020: Epäonnistuneita hakemuksia CERNiin :/

2018-2019: Vaihtovuosi Kanadassa

- kesätyö CLS :)

2020: BSc in physics, Helsingin yliopisto

2023: MSc in medical physics, Helsingin yliopisto

2023-2024: CERN Technical student

2024->: CERN PhD student

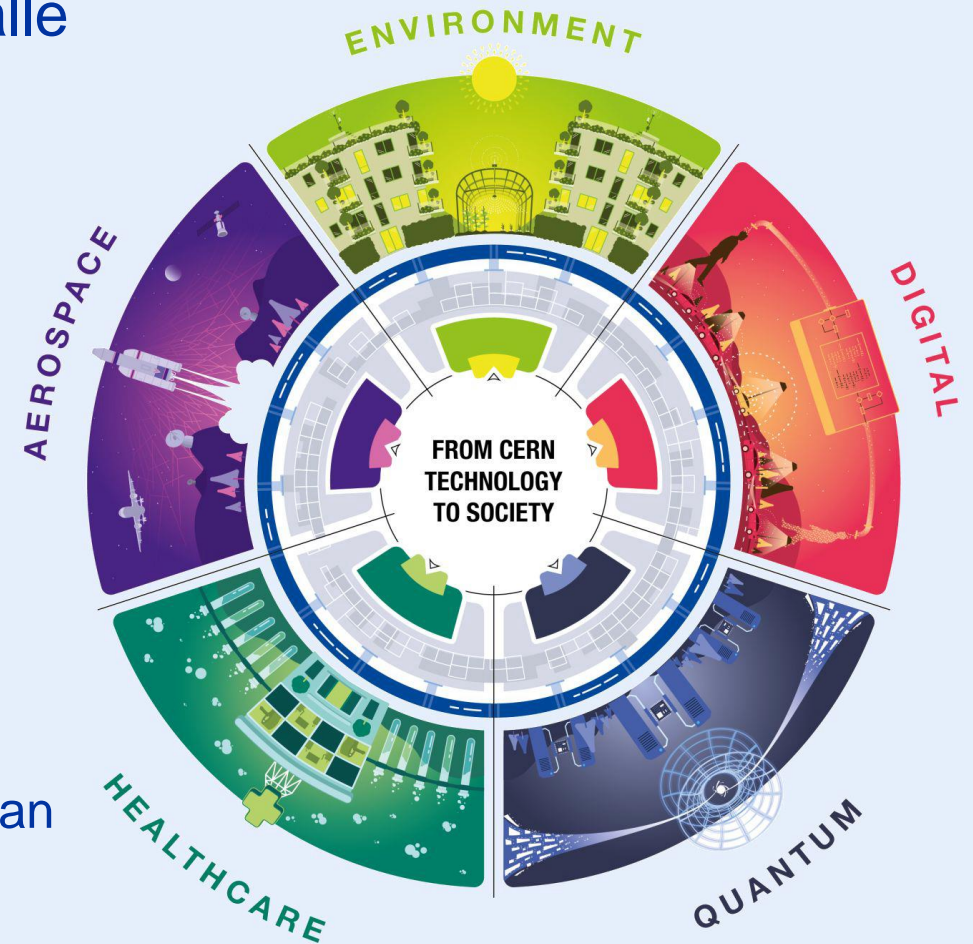




# Lääketieteellisten sovellusten tutkimus CERNissä

## Knowledge transfer - CERN-teknologiat yhteiskunnalle

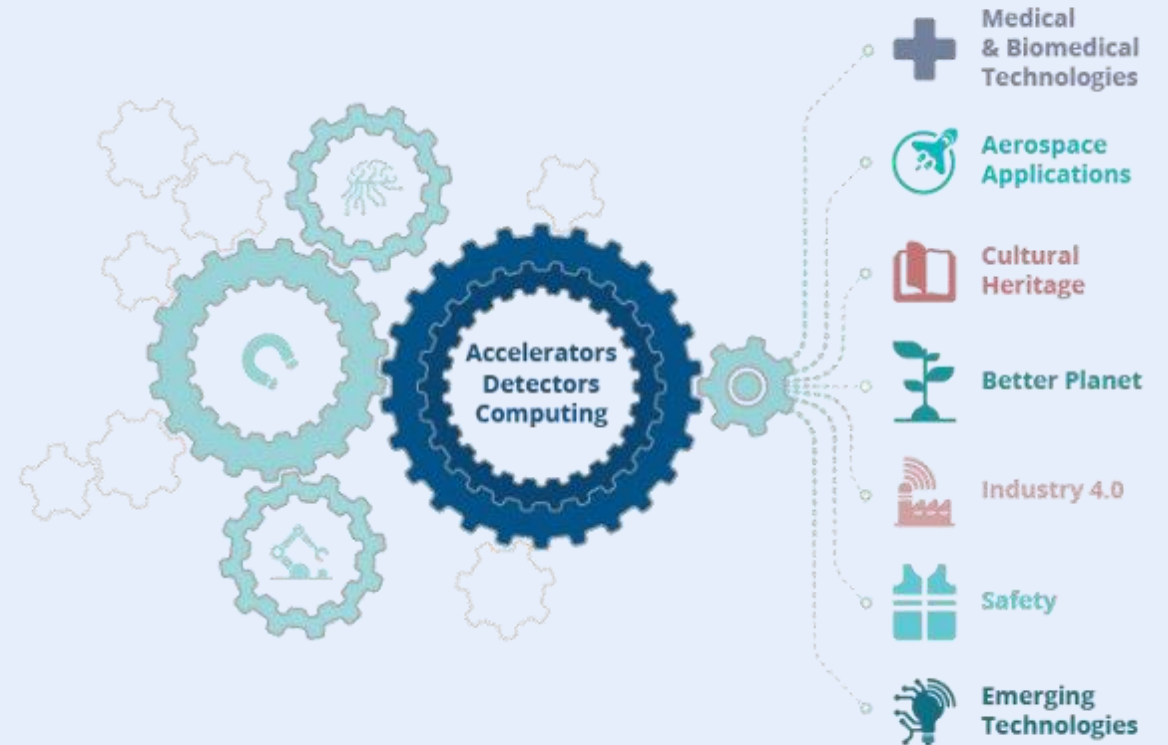
- Knowledge Transfer -ryhmä CERNissä
  - yhteistyötä tieteen, teknologian ja teollisuuden asiantuntijoiden välillä
- Luo mahdollisuuksia CERNin teknologian ja osaamisen siirtoon
- Tärkeimmät tavoitteet
  - kiihdyttää innovaatiota
  - maksimoida CERNin myönteinen vaikutus yhteiskuntaan globaalilla tasolla



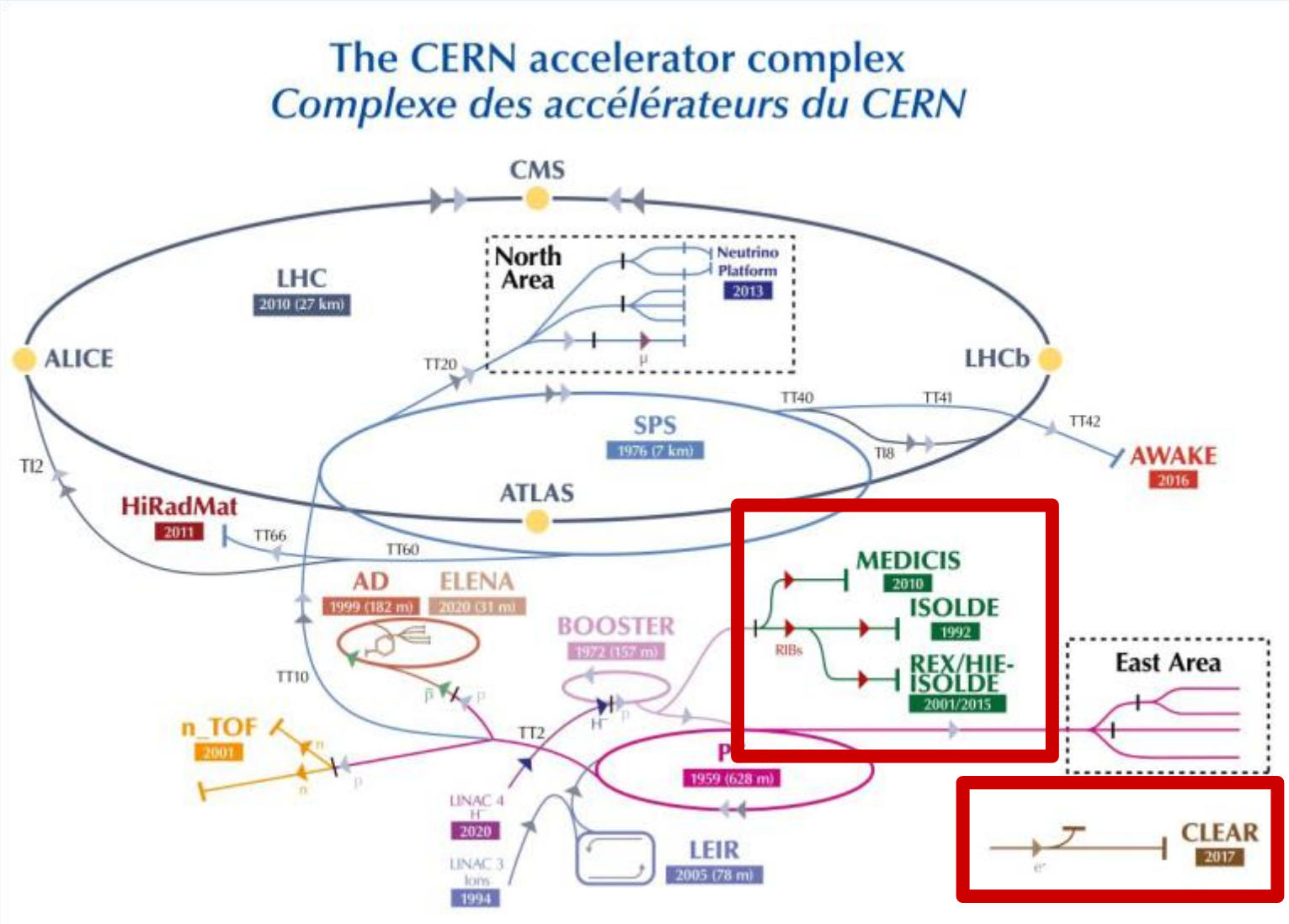
# Lääketieteellisten sovellusten tutkimus CERNissä

## Knowledge transfer - CERN-teknologiat yhteiskunnalle

- Kiihdyttimet
  - Sädehoito – sekä perinteinen että protoni- ja ionihoidot
  - Syklotronit radioisotooppien valmistukseen
  - Suprajohtavat magneetit - MRI
- Ilmaisimet
  - Röntgenilmaisimet – tasoradiografia ja CT
  - Ilmaisimet SPECT-järjestelmiin
  - Ilmaisimet PET-järjestelmiin
- Tietojenkäsittely ja IT



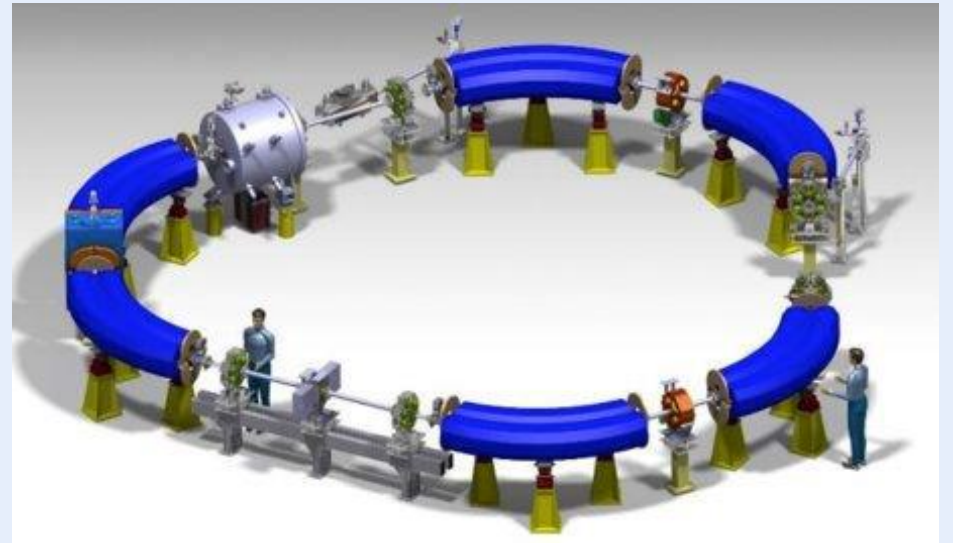
# Lääketieteellisten sovellusten tutkimus CERNissä



# NIMMS - tulevaisuuden hiukashoitoteknologiat

## Next Ion Medical Machine Study (NIMMS) collaboration

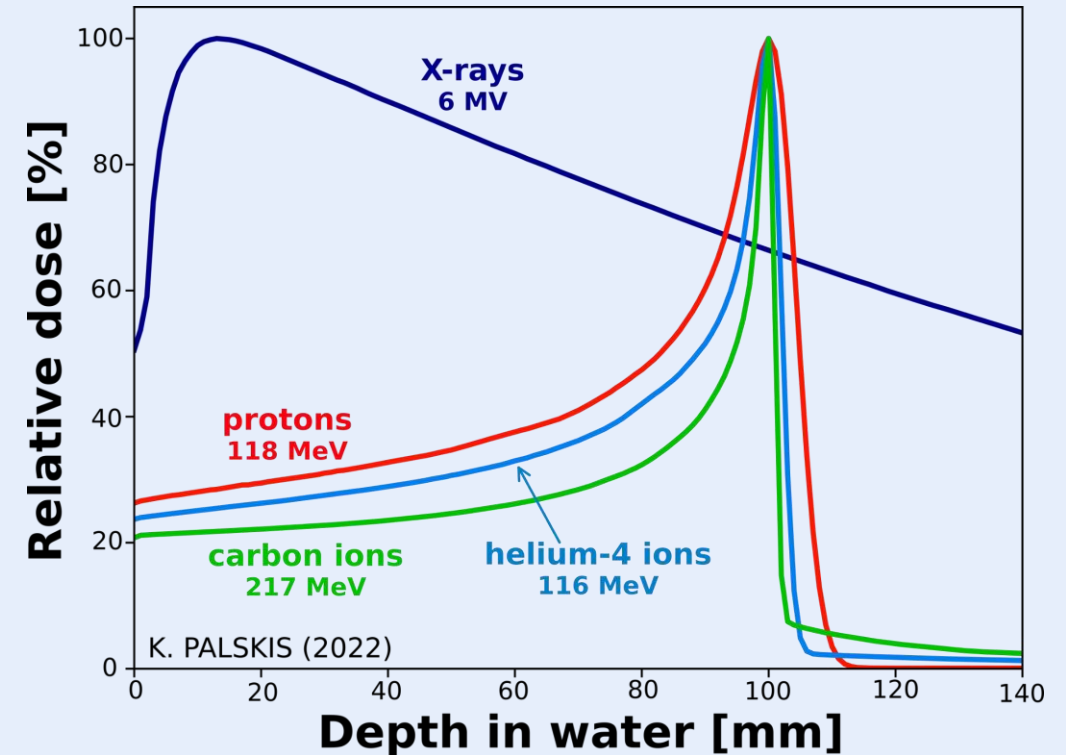
- Seuraavan sukupolven ionihoitolaitosten suunnittelu
- Lääketieteellisen yhteisön uusien vaatimusten sekä viimeaikaisen biologisen tutkimuksen löytämien mahdollisuuksien integrointi
- Raskasioniterapian kehittäminen
  - vielä alkuvaiheessa edustaan huolimatta
  - päärajoitteet:
    - kiihdyttimien koko ja hinta
    - kokeellisen tiedon puute



*Courtesy of NIMMS collaboration (CERN)*

# Protoni-/ionihoito

- Erittäin tarkka sädehoitomuoto kasvaimille, jotka ovat
  - kirurgisesti leikkauskelvottomia
  - vastustuskykyisiä perinteiselle sädehoidolle
- Hyödyntää varauksellisia hiukkassuihkuja
  - ominainen Braggin huippu
- Säästää terve kudosta
  - vähentää säteilymyrkyllisyyttä ja sivuvaikutuksia
- Hiukkaslajit:
  - protonit
  - hiili-ionit
  - helium



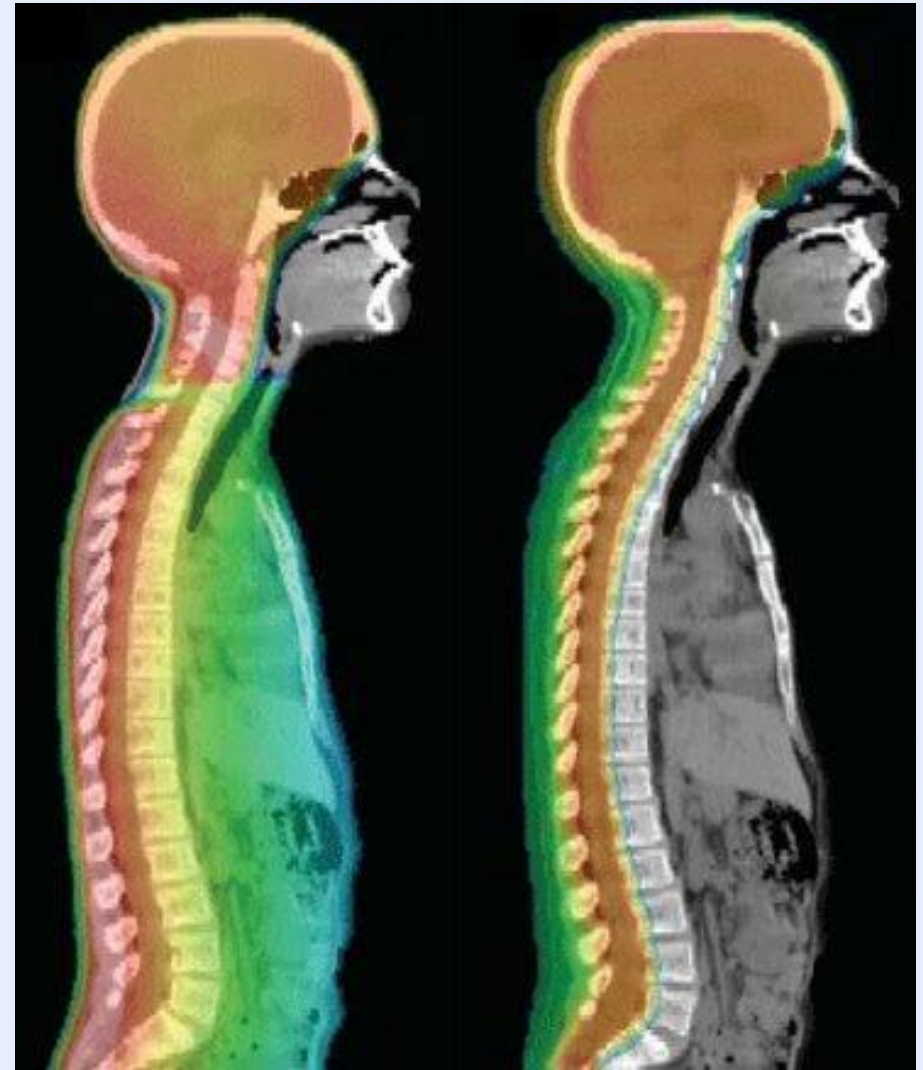
Courtesy of NIMMS collaboration (CERN)



# Protoni-/ionihoito

## Perustelu

- Kliinisiä hyötyjä on osoitettu
  - lasten onkologiset pahanlaatuiset kasvaimet
  - aivot, pään ja kaulan alue
  - muut sijainnit elintärkeiden elinten läheisyydessä
- ‘Raskaammat’ ionit
  - tavanomaiselle sädehoidolle vastustuskykyisten kasvainten hoito
    - glioomat ja sarkoomat



Source: Rowe, L.S., Krauze, A.V., Ning, H., et al. Optimizing the Benefit of CNS Radiation Therapy in the Pediatric Population - PART 2: Novel Methods of Radiation Delivery. *Oncology (Williston Park)*. 2017 Mar 15;31(3):224-6, 228.

# HeLICS Helium synkrotronilaitos

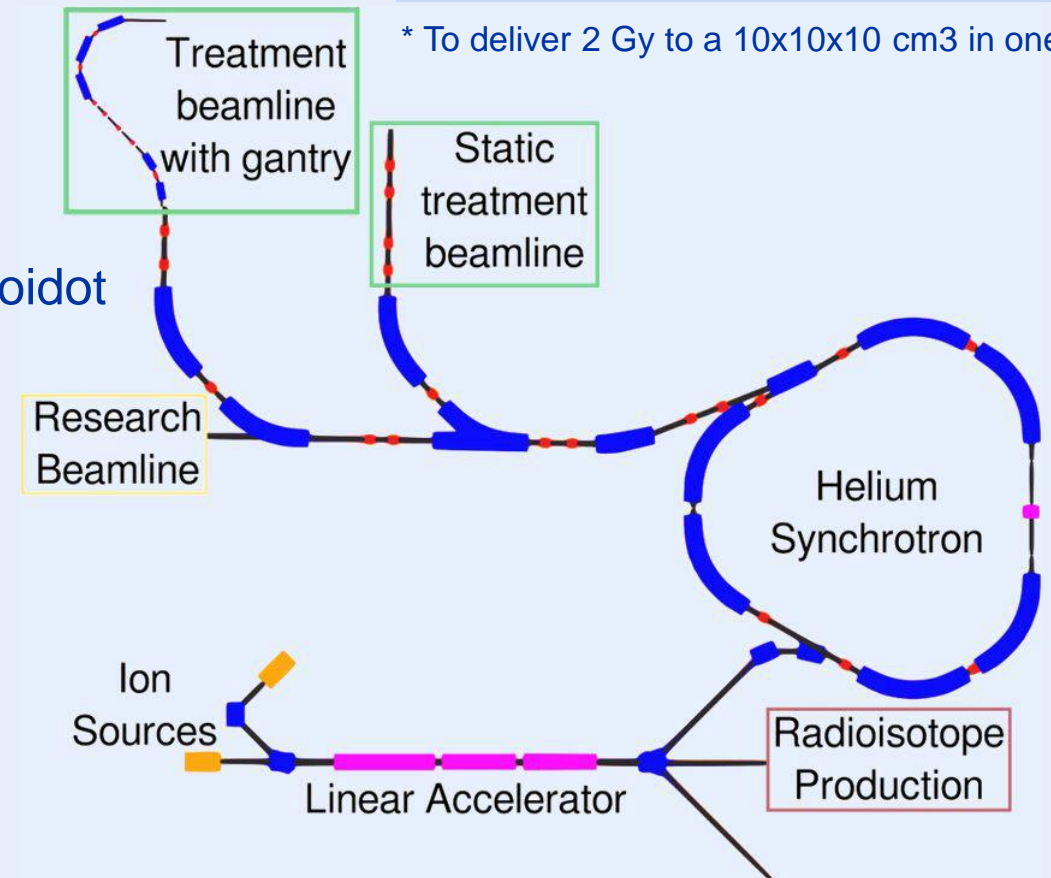
- Kliininen hoitokeskus ja laajan mittakaavan tieteellinen

## tutkimusinfrastruktuuri

- protonihoidot
- helium ionien tutkimus ja tulevaisuuden heliumhoidot
- tutkimus raskaamilla ioneilla (happi, hiili..)
- Uudet toimitustavat: FLASH-hoito, minisäteet
- Koko kehon protoniradiografia
- Rinnakkainen radioisotooppien tuotanto

	p	He
Intensity*	2.6 e11	8.2 e10
Injection energy (MeV/u)	7-10	5
Treatment energy (Mev/u)	60-220	60-220

\* To deliver 2 Gy to a 10x10x10 cm<sup>3</sup> in one cycle



Courtesy of NIMMS collaboration (CERN)

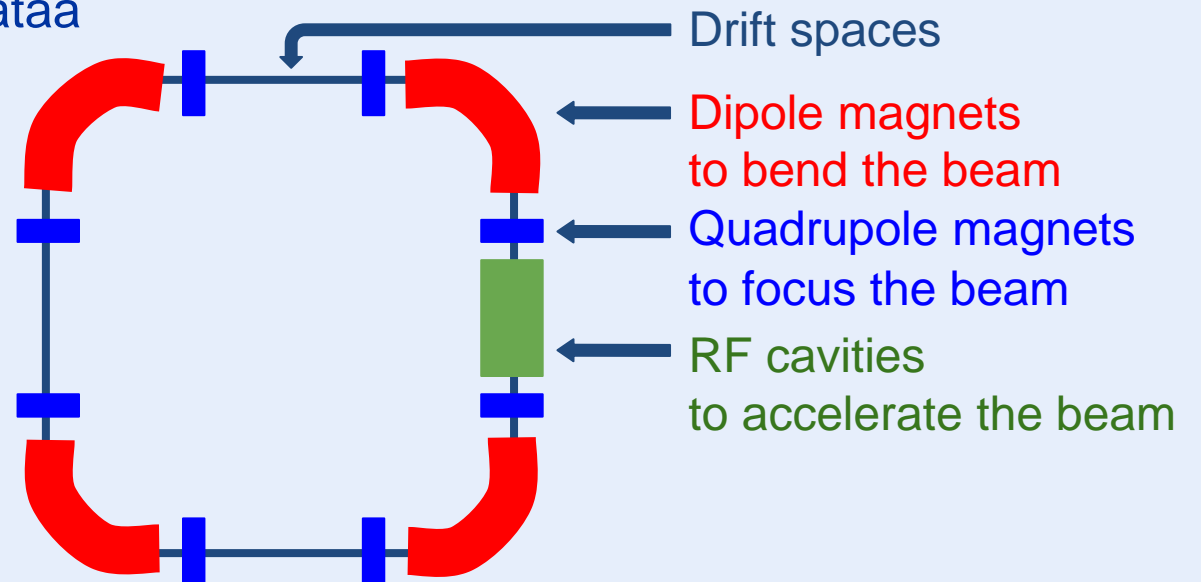
Siis... mitä puuhaan  
kaikki päivät?

# Johdanto

## Kiihdytinfysiikka

- Hiukkasen näkökulmasta kiihdytin on sekvenssi
  - ajautumat: ei ulkoisia kenttiä, hiukkaset kulkevat suoraan
  - magneettikentät: muuttavat hiukkasten lentorataa
    - dipolit ja kvadrupolit
  - sähkökentät: muuttavat hiukkasten energiaa
    - radiotaajuusontelot

- Hila - tärkeimpien elementtien sarja

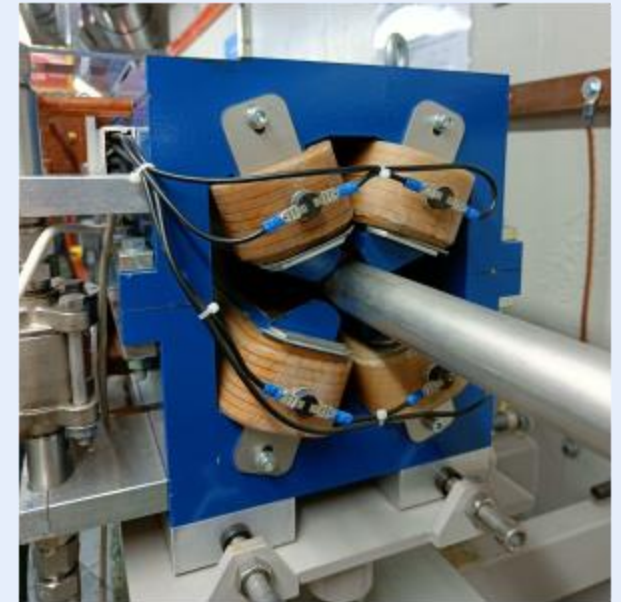
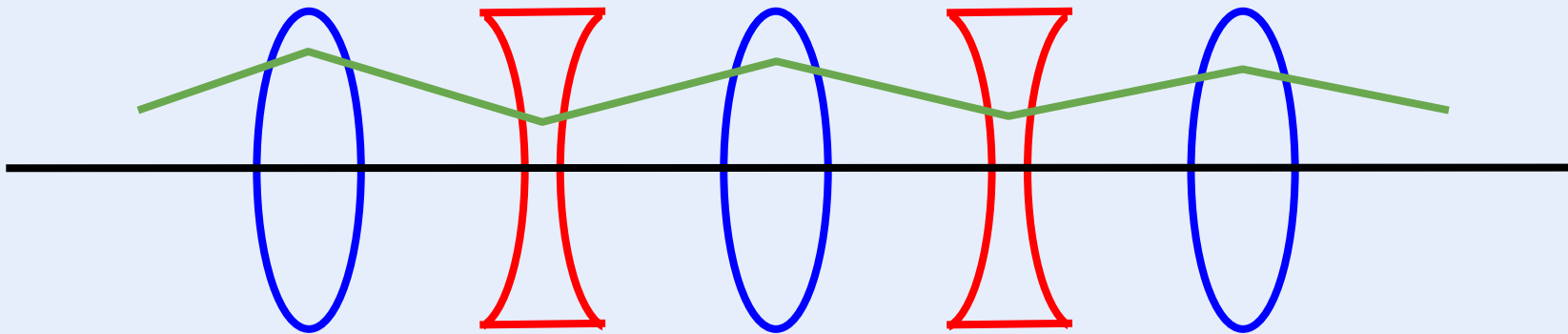




# Johdanto

## Hiukkassuihkun optiikka

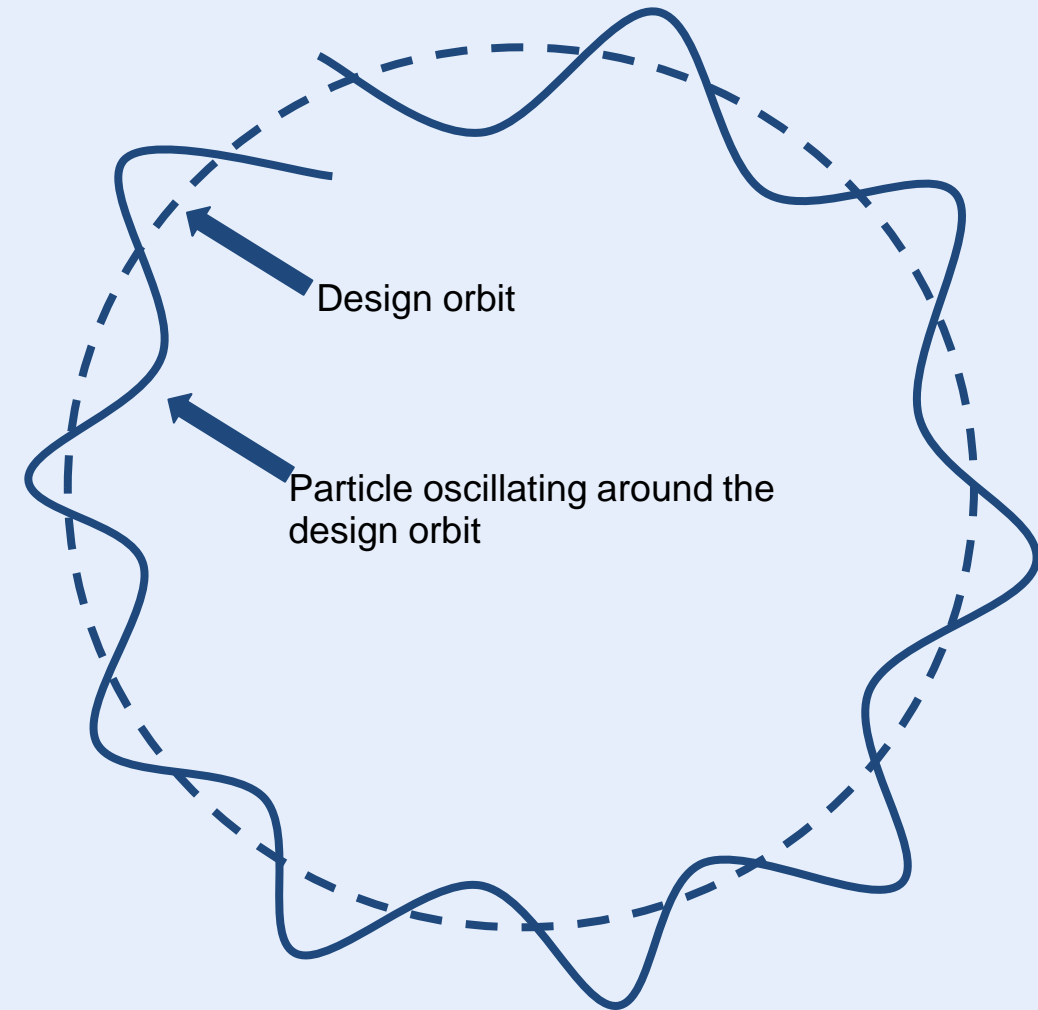
- Kohdentavat magneetit toimivat kuten linssit optiikassa
  - koverien ja kuperien linssien tavoin kvadrupolit taittavat hiukkassuihkun kulkusuuntaa
  - hiukkassuihku kohdistuu yhdessä suunnassa kerrallaan
    - kohdennus pystysuunnassa hajauttaa vaakasuunnassa



# Johdanto

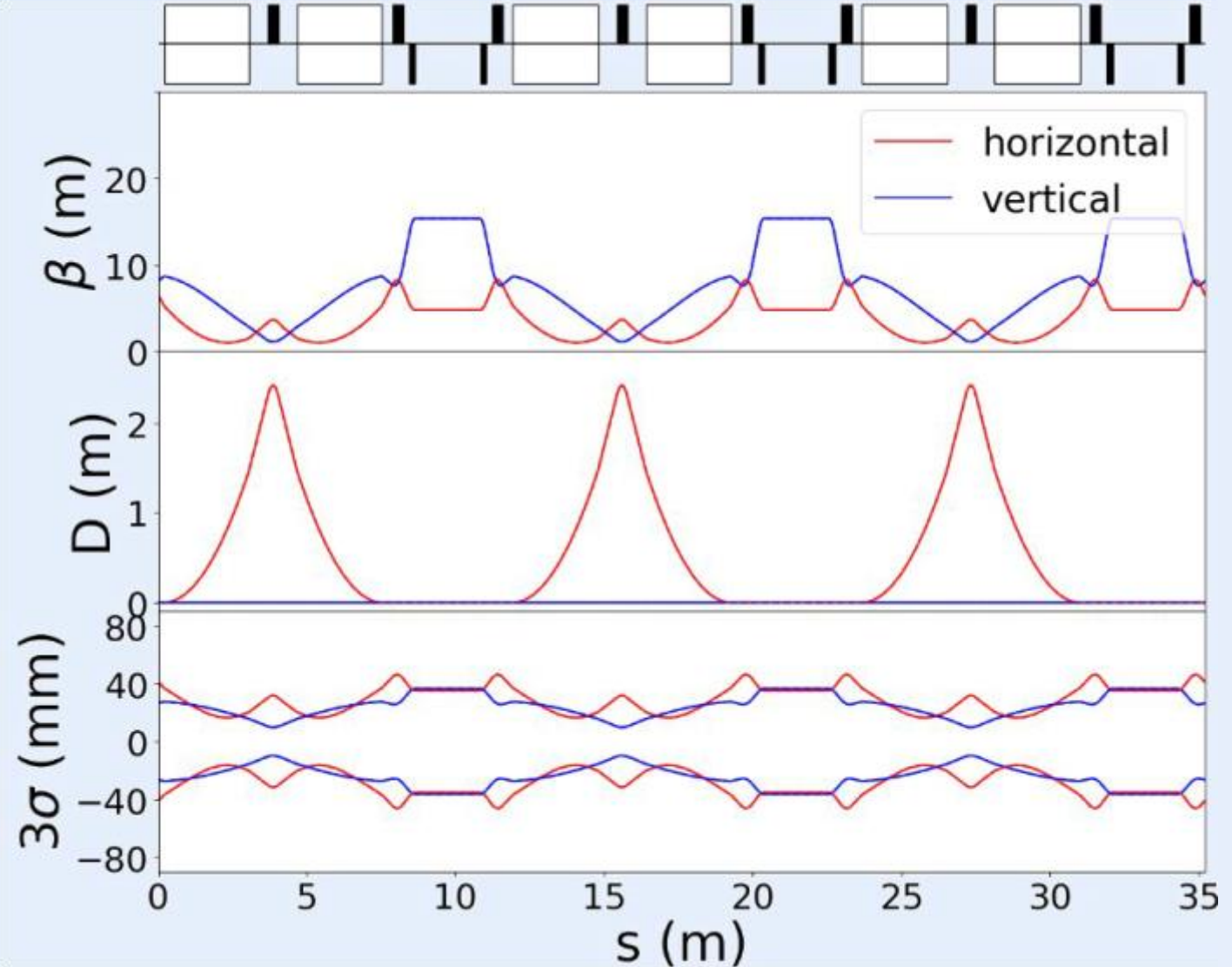
## Hiukkassuihkun optiikka

- Hiukkaset värähtelevät suunnitellun kiertoradan ympärillä
- Vire = värähtelyjen määrä yhtä kierrosta kohti
- Beta funktio
  - kuvaa hiukkassäteen värähtelyjä
  - vaikuttaa säteen viemään tilaan eli apertuuriin



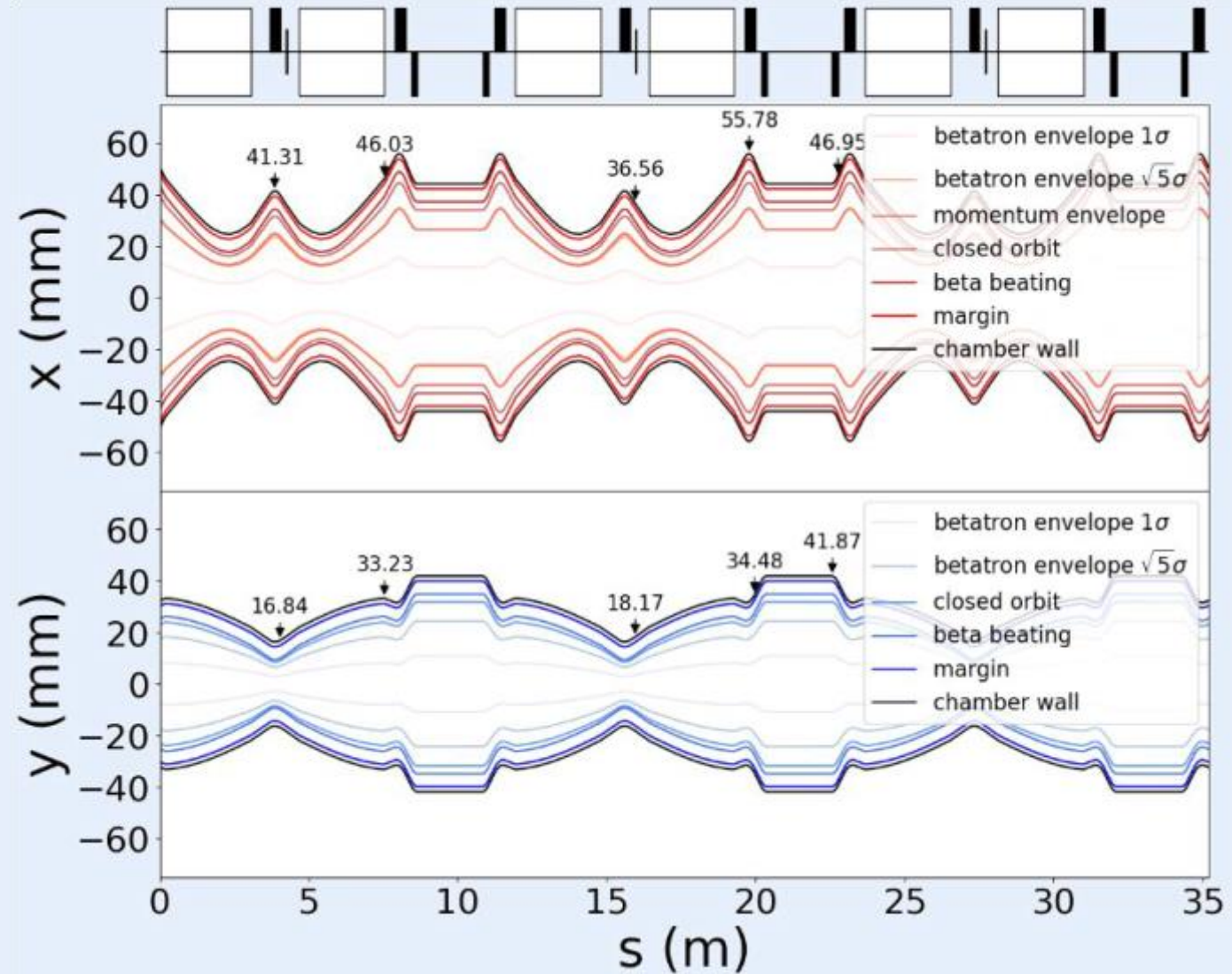
# Kiihdytinsuunnittelu

- Millaisia magneetteja tarvitaan
  - kuinka monta?
  - kuinka vahvoja?
  - minne?
- Suunnittelutavoitteet:
  - kompaktisuus
  - joustavuus
  - monipuolisuus
  - kustannustehokkuus



# Apertuurin arviointi

- Kuinka paljon tilaa säde vaatii?
  - beta funktiot, dispersio..
- Muut apertuurin komponentit
  - säteilyteho, liikemäärän jakauma, tyhjiöputken paksuus, marginaali
  - kulmavirheet -> vaikutus kiertorataan
- Yhteensopivuus vahvistettava magneettisuunnittelun ja mekaanisen suunnittelun ryhmien kanssa

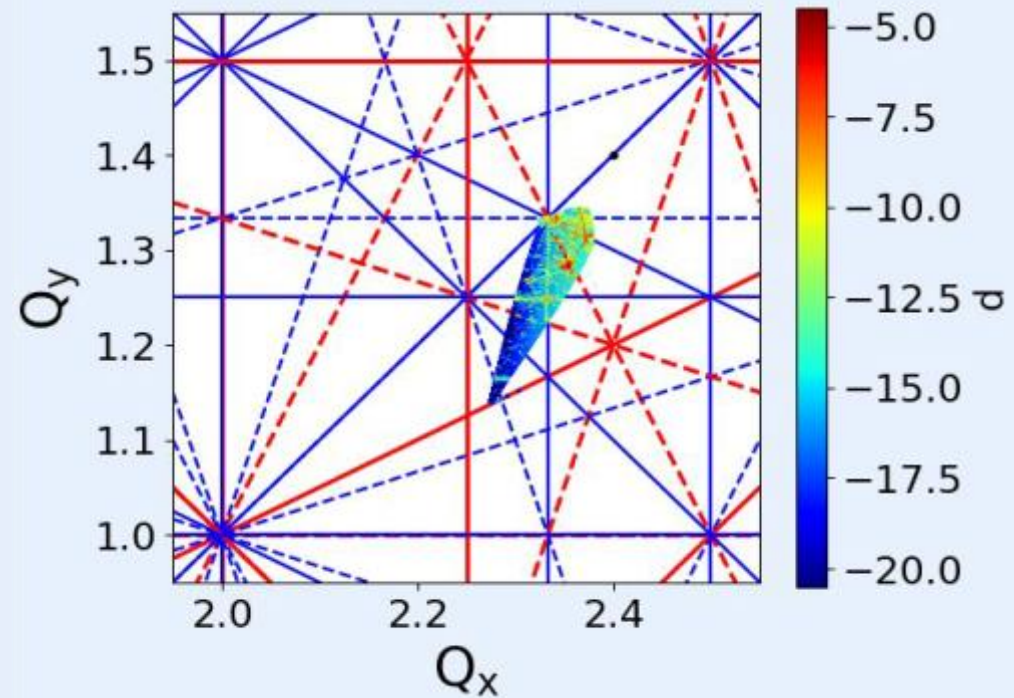
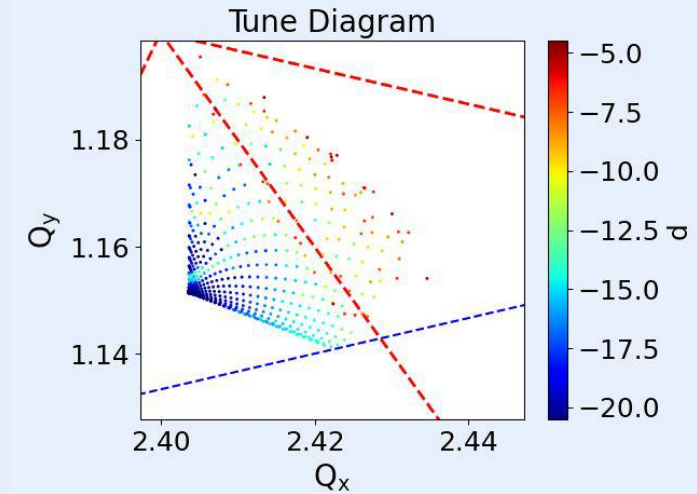
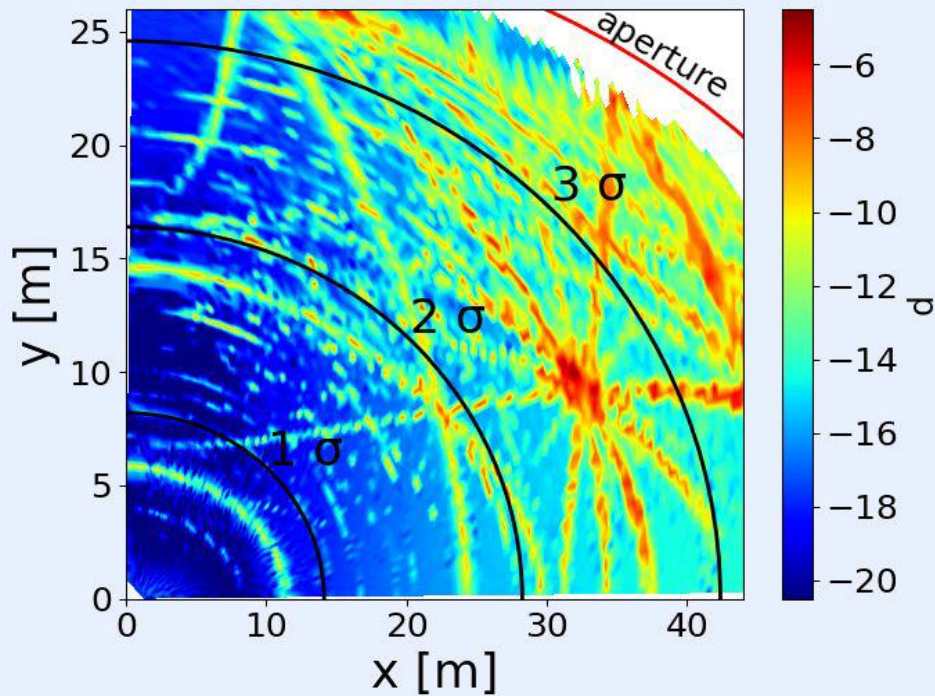




# Seurantasimulaatiot

- Miten hiukkassuihku käyttäytyy?
  - avaruusvarausefekti, muut epälineaariset efektit ja virheet,

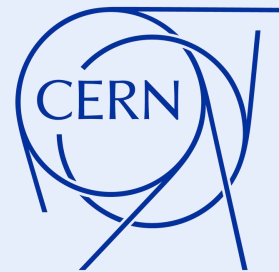
mahdolliset hiukcashäviöt?



# Verkostoituminen ja yhteistyö



Kiitos!



---

[home.cern](http://home.cern)