

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

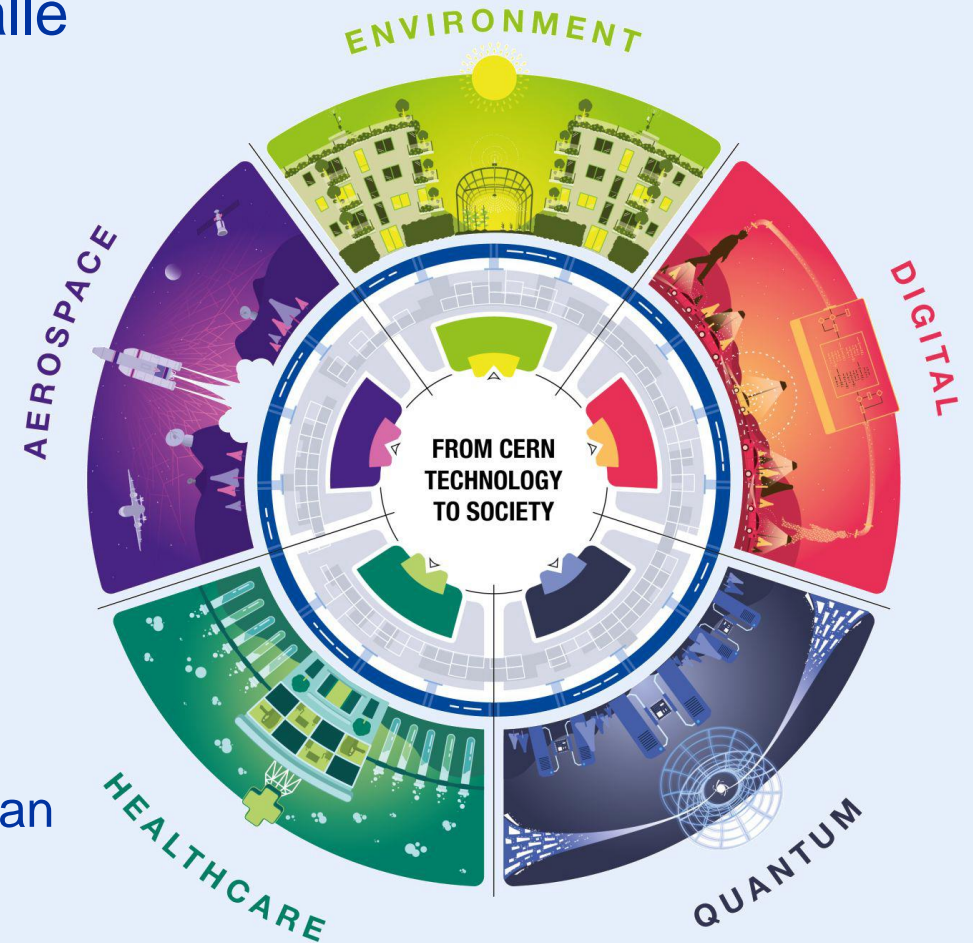
2024->: CERN PhD student



Lääketieteellisten sovellusten tutkimus CERNissä

Knowledge transfer - CERN-teknologiat yhteiskunnalle

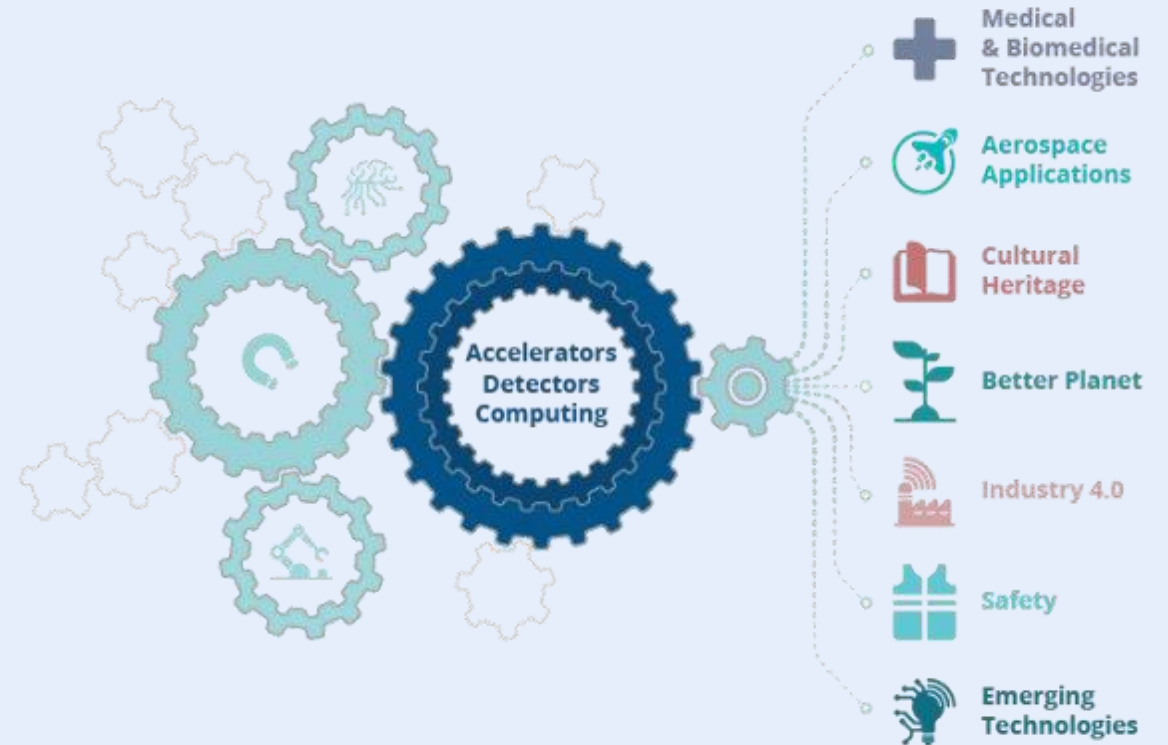
- Knowledge Transfer -ryhmä CERNissä
 - yhteistyötä tieteen, teknologian ja teollisuuden asiantuntijoiden välillä
- Luo mahdollisuuksia CERNin teknologian ja osaamisen siirtoon
- Tärkeimmät tavoitteet
 - kiihdyttää innovaatiota
 - maksimoida CERNin myönteinen vaikutus yhteiskuntaan globaalilla tasolla



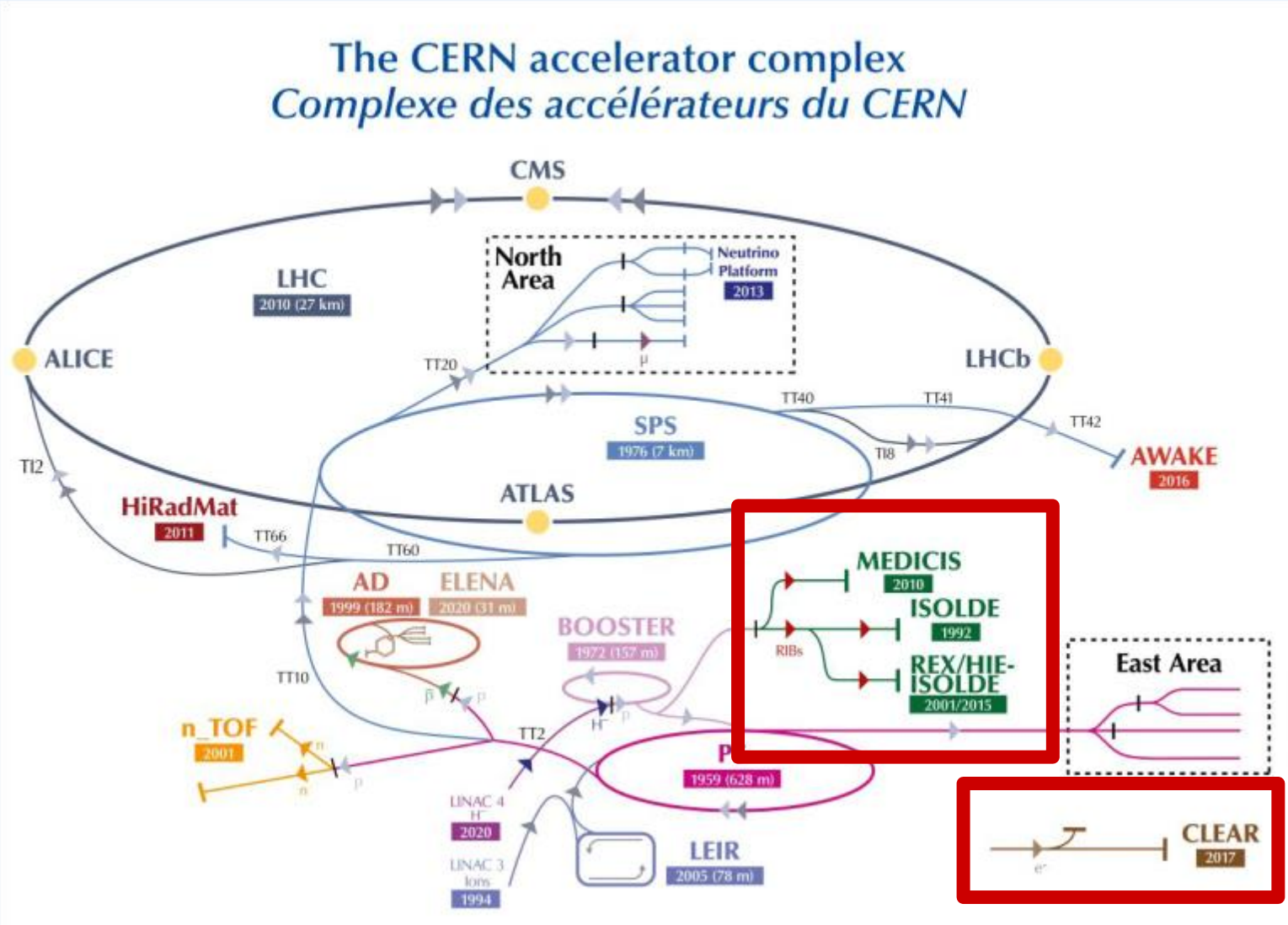
Lääketieteellisten sovellusten tutkimus CERNissä

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

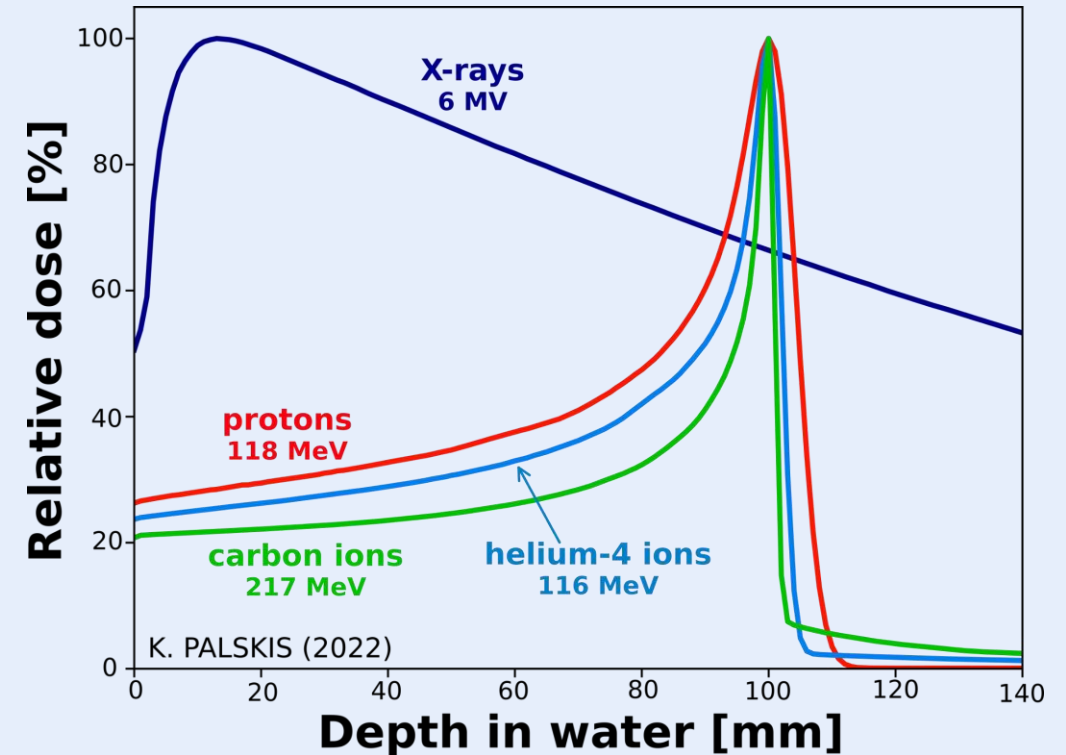
- Seuraavan sukupolven ionihoitolaitosten suunnittelu
- Lääketieteellisen yhteisön uusien vaatimusten sekä viimeaikaisen biologisen tutkimuksen löytämien mahdollisuuksien integrointi
- Raskasioniterapian kehittäminen
 - vielä alkuvaiheessa edustaan huolimatta
 - päärajoitteet:
 - kiihdyttimien koko ja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

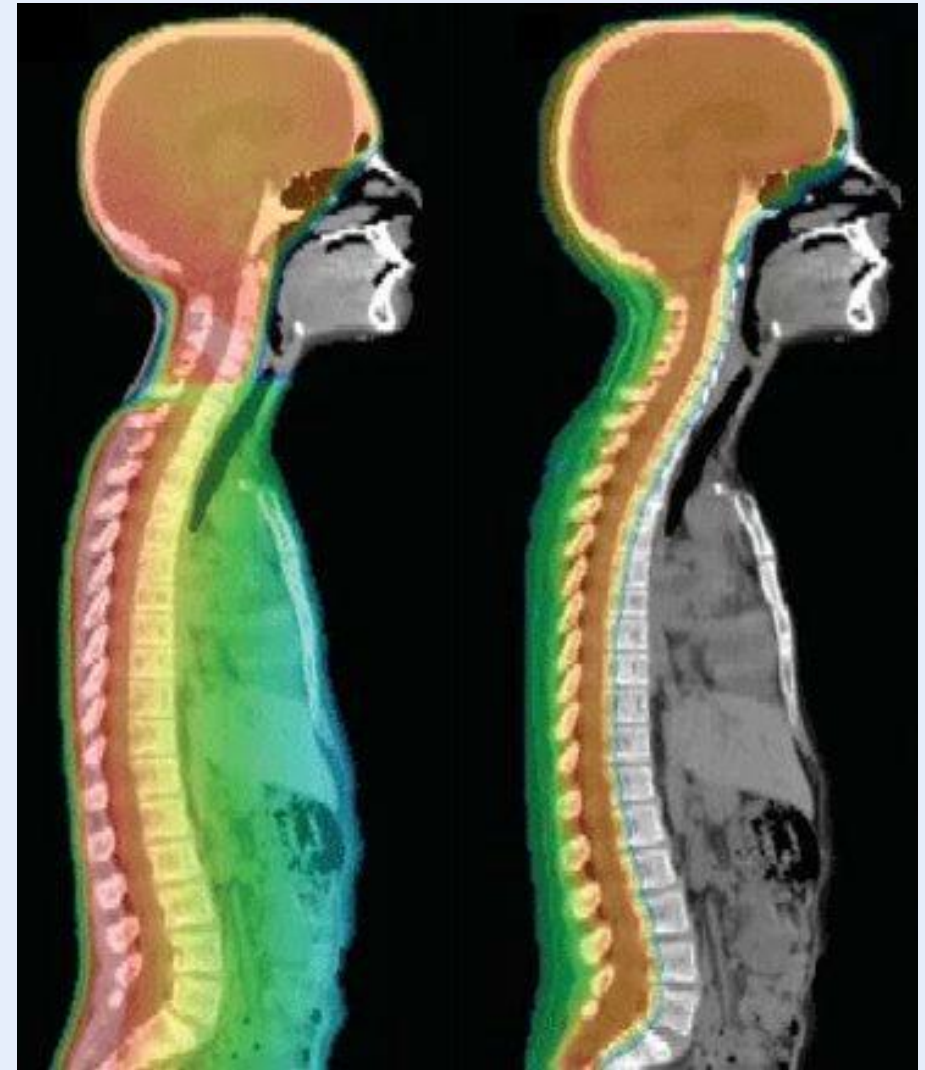


Courtesy of NIMMS collaboration (CERN)

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

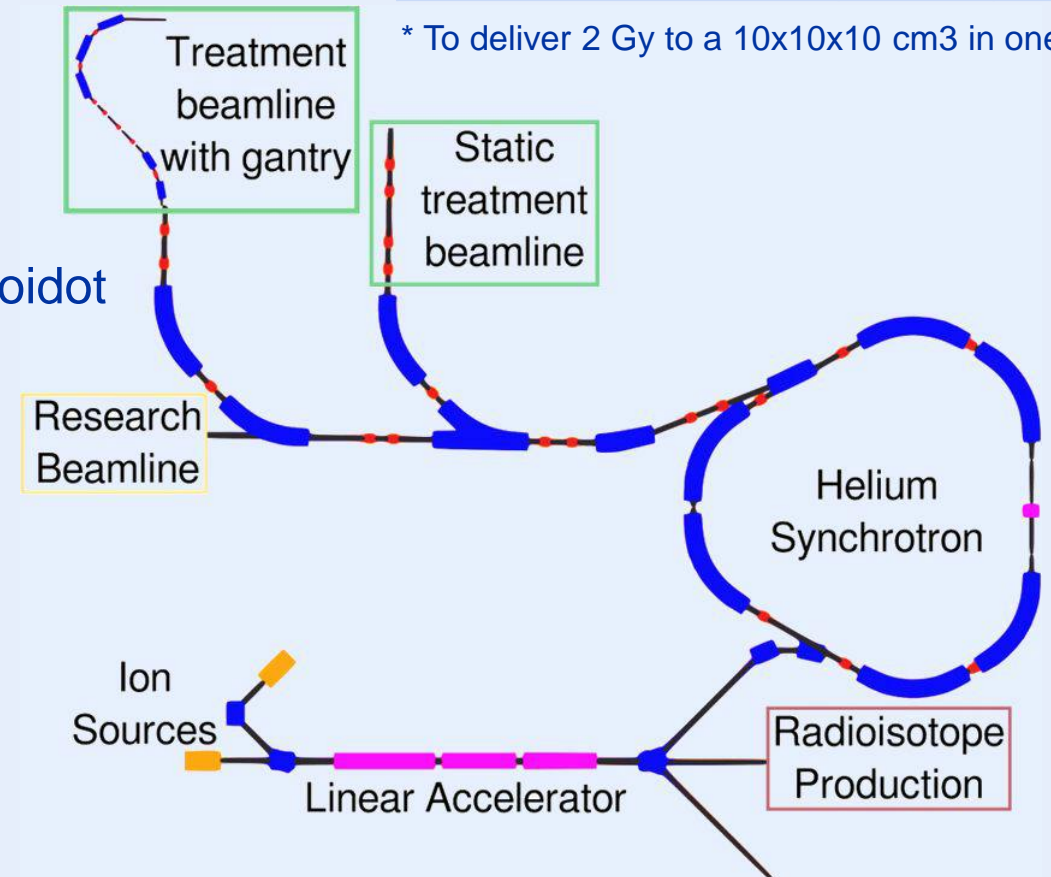
- Kliininen hoitokeskus ja laajan mittakaavan tieteellinen

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 cm³ in one cycle



Courtesy of NIMMS collaboration (CERN)

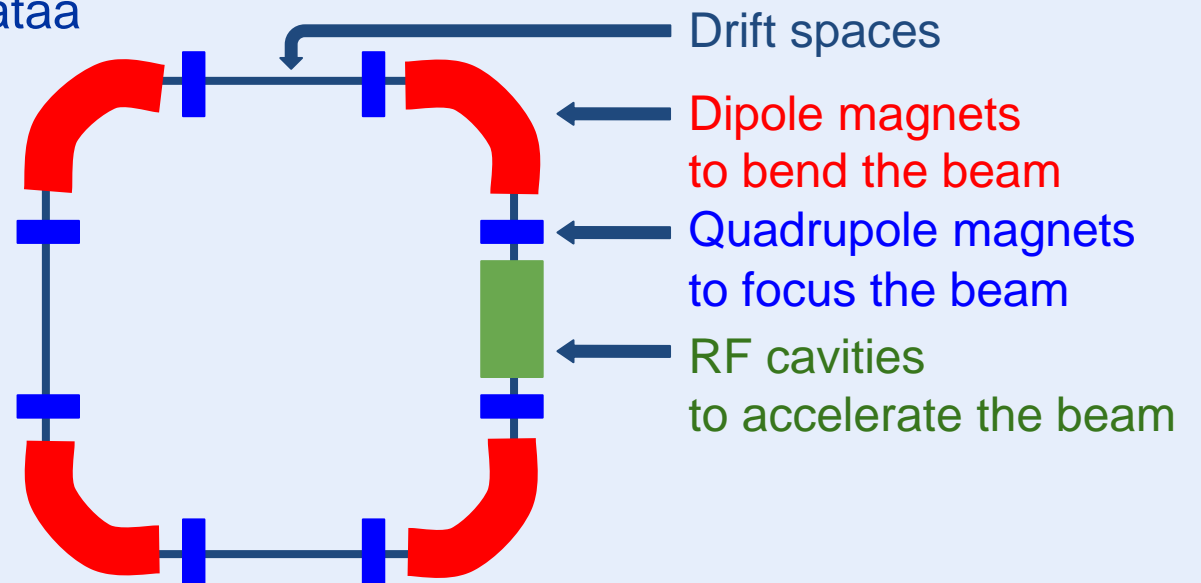
Siis... mitä puuhaan
kaikki päivät?

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

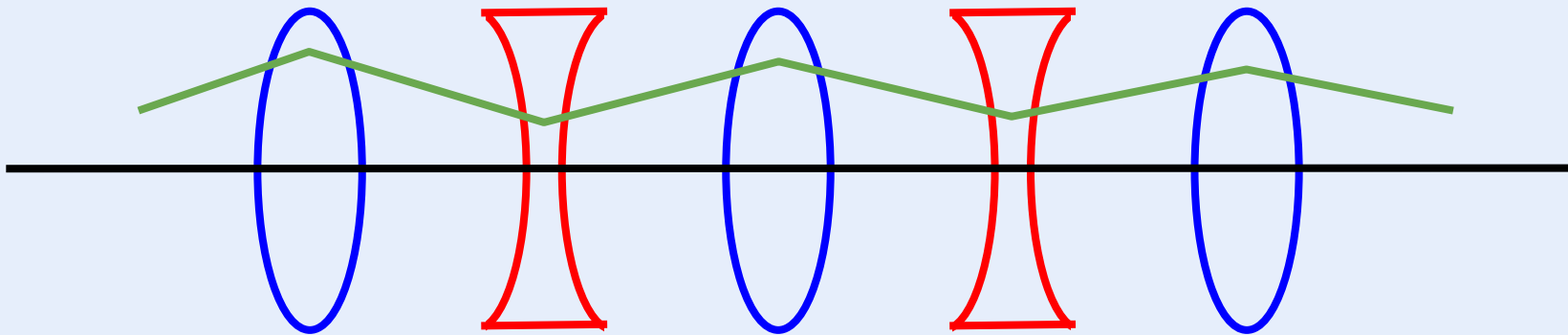
- Hila - tärkeimpien elementtien sarja



Johdanto

Hiukkassuihkun optiikka

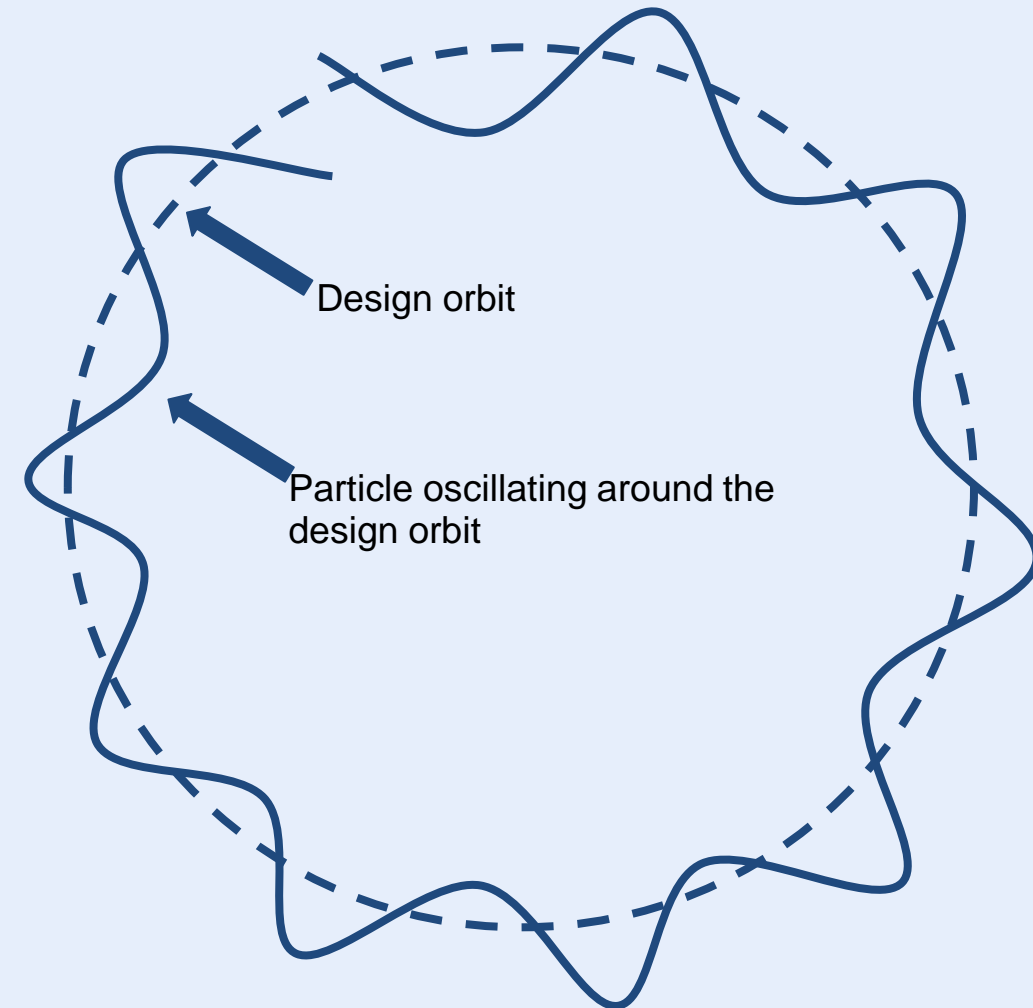
- Kohdentavat magneetit toimivat kuten linssit optiikassa
 - koverien ja kuperien linssien tavoin kvadrupolit taittavat hiukkassuihkun kulkusuuntaa
 - hiukkassuihku kohdistuu yhdessä suunnassa kerrallaan
 - kohdennus pystysuunnassa hajauttaa vaakasuunnassa



Johdanto

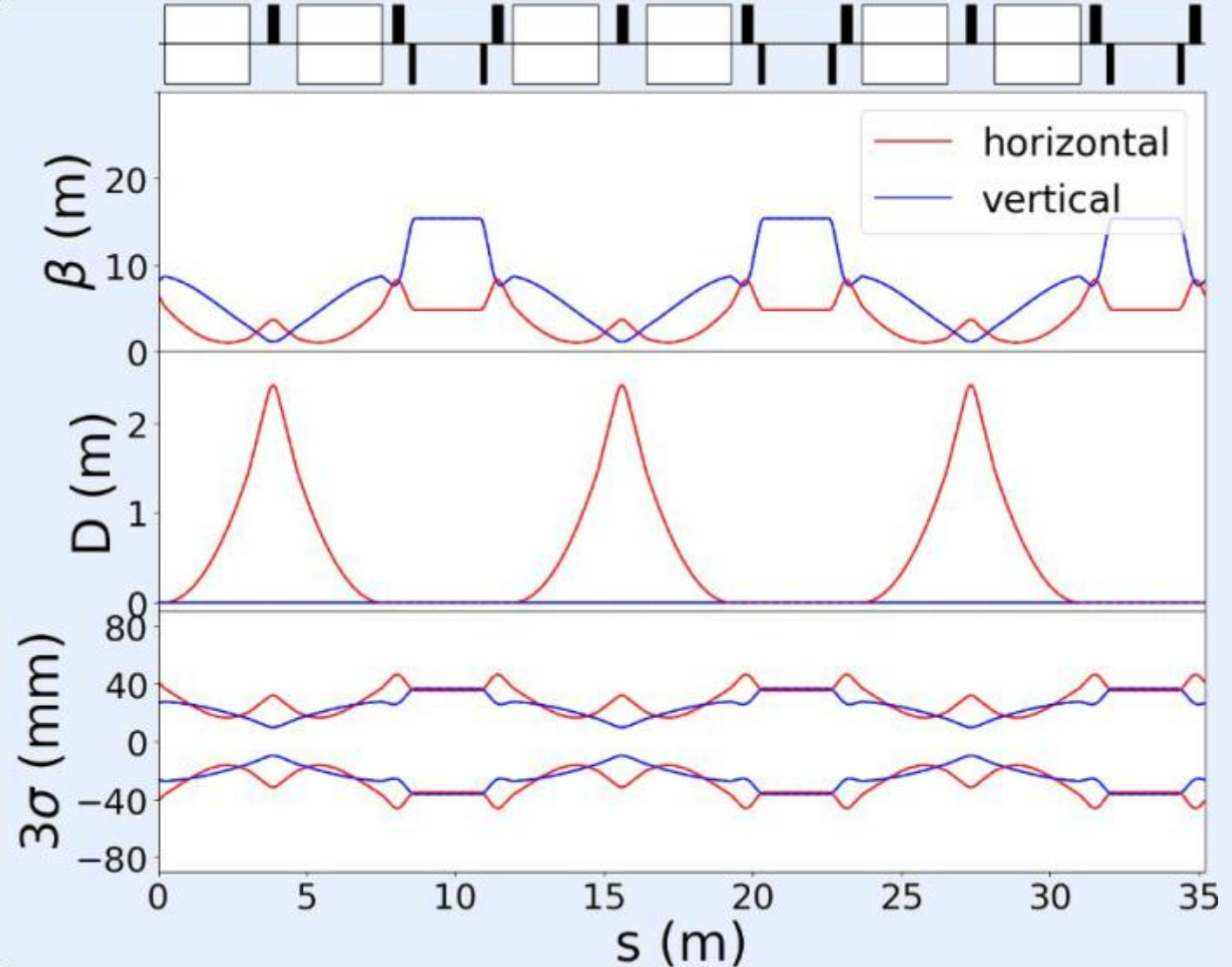
Hiukkassuihkun optiikka

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



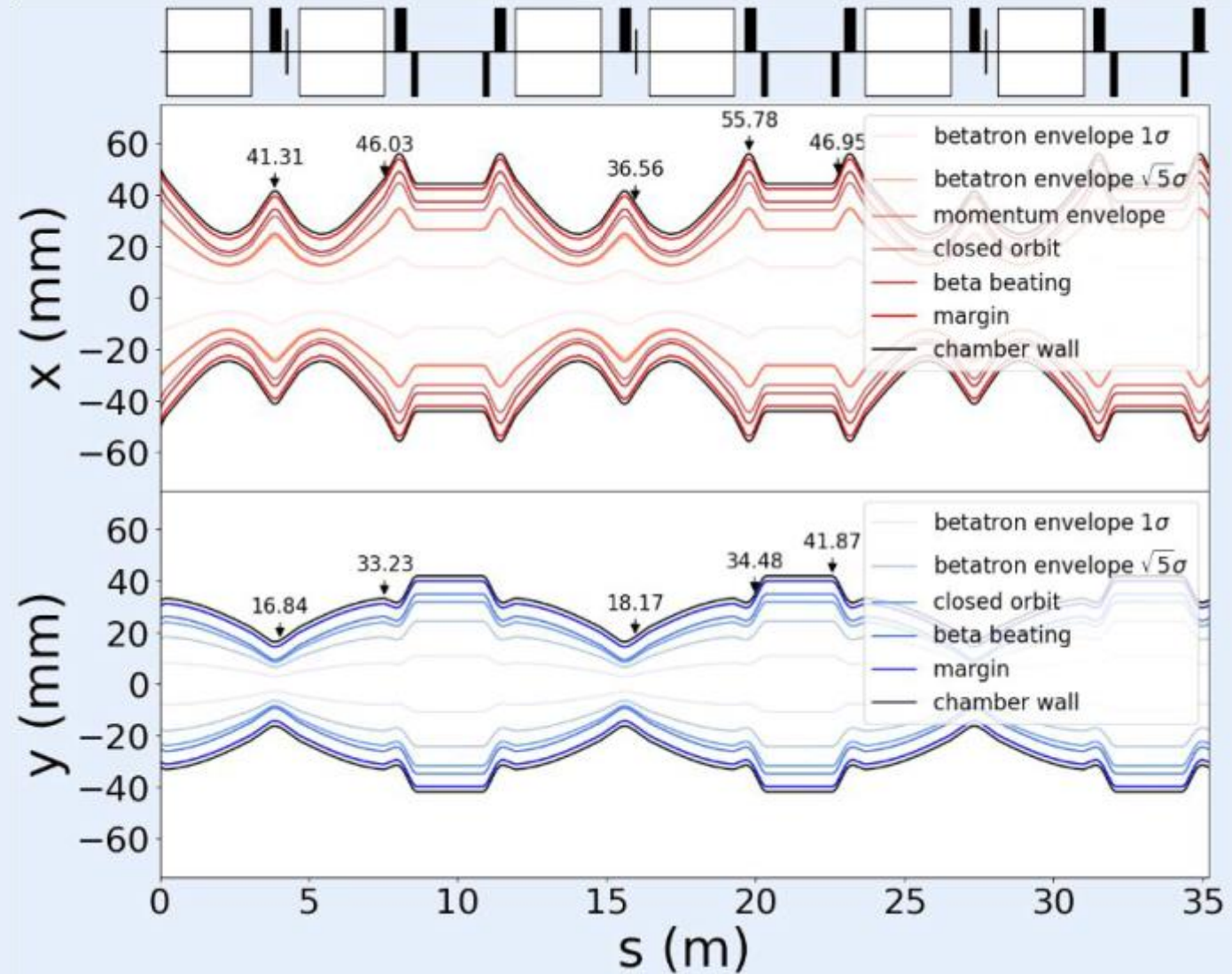
Kiihdytinsuunnittelu

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



Apertuurin arviointi

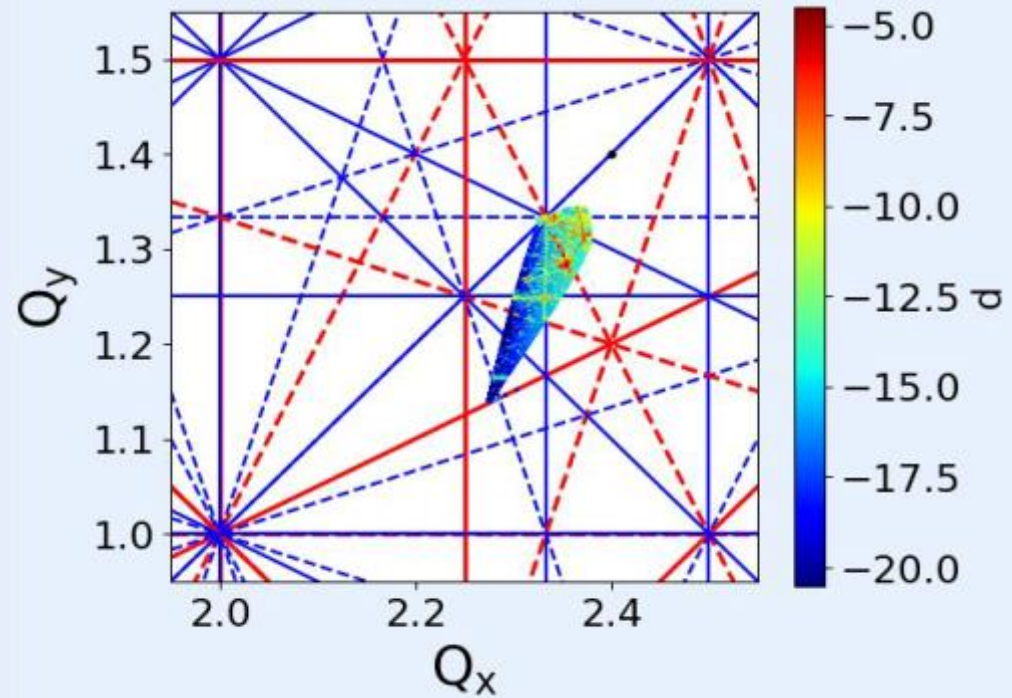
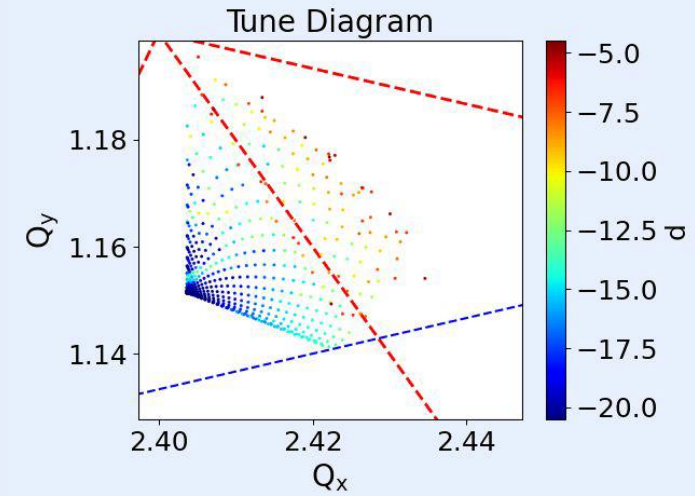
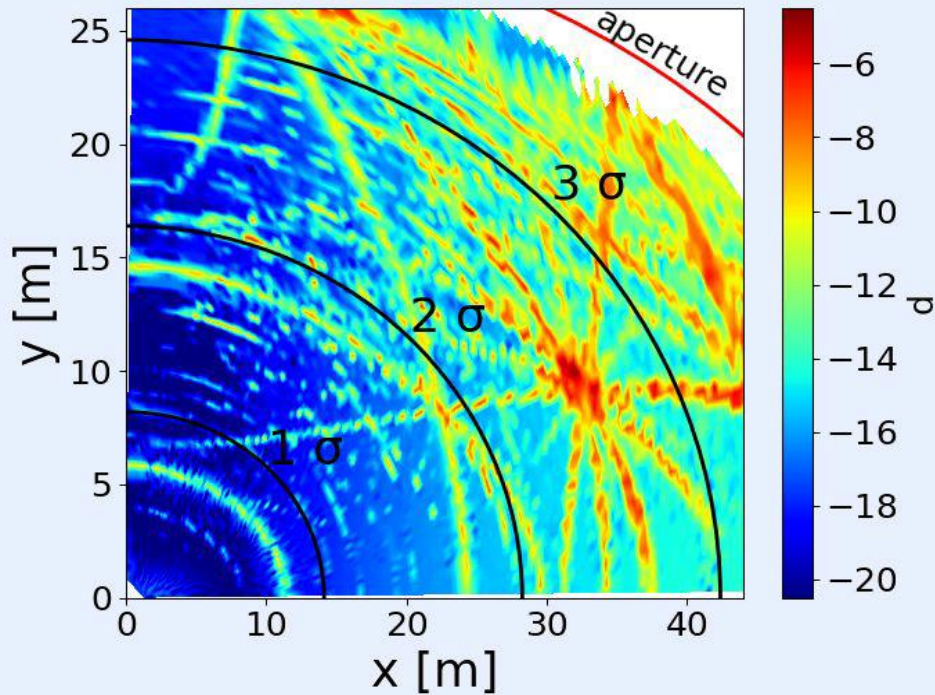
- Kuinka paljon tilaa säde vaatii?
 - beta funktiot, dispersio..
- Muut apertuurin komponentit
 - säteilyteho, liikemäärän jakauma, tyhjiöputken paksuus, marginaali
 - kulmavirheet -> vaikutus kiertorataan
- Yhteensopivuus vahvistettava magneettisuunnittelun ja mekaanisen suunnittelun ryhmien kanssa



Seurantasimulaatiot

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

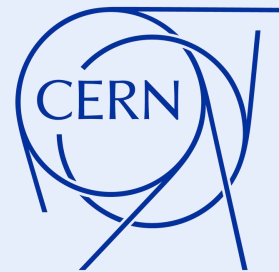
mahdolliset hiukkashäviöt?



Verkostoituminen ja yhteistyö



Kiitos!



home.cern