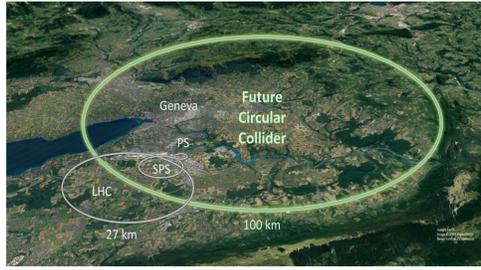


I collisionatori del futuro - perché e come?

- Numerose questioni aperte nel Modello Standard:
 - Spiegazione di Dark Matter, asimmetria barionica, inclusione gravità
 - Masse dei neutrini, gerarchia delle masse delle particelle note
- Strategia: priorità ad una higgs factory con possibile upgrade all'energia nel centro di massa!**
- Primo step: misure di precisione** \Rightarrow Evidenza indiretta di deviazioni in collisioni e^+e^- come fabbriche di Higgs e top ad alta luminosità e per misure di fisica elettrodebole: FCC-ee [1], CLIC, CepC
- Secondo step: misure ad alta energia** \Rightarrow Ricerca di nuove risonanze!
- FCC ha un programma a lungo termine per un collisore adronico: FCC-hh, come continuazione naturale di FCC-ee alla frontiera energetica (~ 100 TeV), con opzioni ioni ed elettrone-adroni (eh)



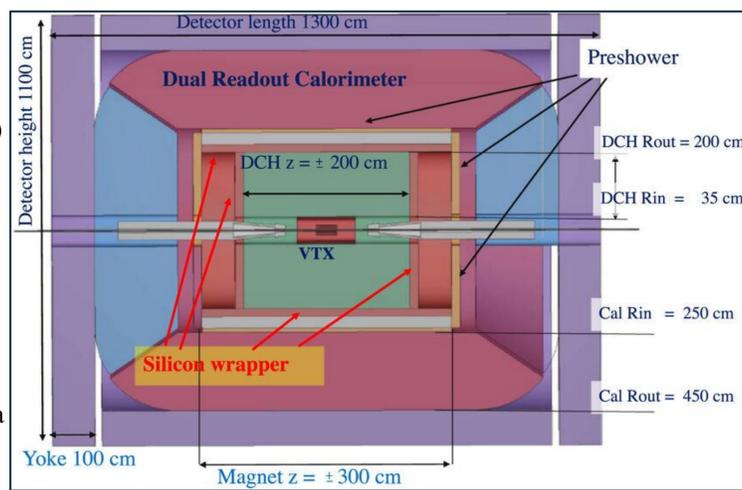
Programma di FCC-ee:

Processo	Energia	Durata	Collisioni
ZH (Higgstrahlung)	~ 240 GeV	3 anni	$10^6 e^+e^- \rightarrow ZH$
Coppie tt	~ 365 GeV	5 anni	$10^6 e^+e^- \rightarrow tt$
Bosone Z	~ 91 GeV	4 anni	$5 \times 10^{12} e^+e^- \rightarrow Z$
Produzione WW	$> \sim 161$ GeV	2 anni	$> 10^8 e^+e^- \rightarrow WW$

Rivelatore IDEA - Innovative Detector for Electron-positron Accelerators [2]

- Ambiente sperimentale pulito \rightarrow misure ad alta precisione:
- Controllo dell'errore sistematico di accettazione (ordine dei μm).
 - Eccellente risoluzione del momento e capacità identificazione del flavor \Rightarrow Misure vertici a bassa massa, eccezionale tracciamento, elevata granularità.
 - Eccellente risoluzione energetica per elettroni, fotoni e adroni \Rightarrow calorimetri ad alta risoluzione e a doppia lettura
 - Buona discriminazione $e-\gamma-\pi_0$ - permette ad esempio di identificare i leptoni τ e misurarne la polarizzazione
 - Identificazione e ricostruzione dei muoni che superano il calorimetro

Struttura del Rivelatore IDEA



- Dall'interno all'esterno:
- Rivelatore di Vertice (VTX)
 - Camera a Drift (DCH) per misura di tracce
 - Strati esterni di Silicon micro-strip
 - Bobina magnetica superconduttrice: **campo magnetico di 2T**
 - Preshower
 - Calorimetro a doppia lettura
 - Yoke + Sistema per Muoni

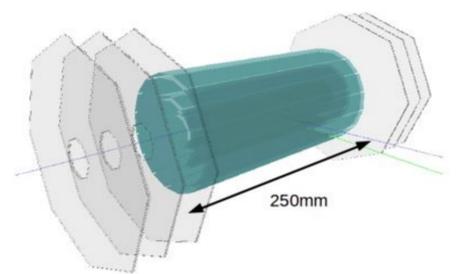
Rivelatore di Vertice

Il rivelatore più interno, che circonda il punto di interazione, è a pixel di silicio. Permette di soddisfare requisiti stringenti:

- Lettura veloce \rightarrow lettura veloce di tutti i segnali di un evento in meno di $\Delta t \sim 85 \mu\text{s}$.
- Basso consumo energetico $< 20 \text{ mW/cm}^2$.
- Budget materiale basso $0.15\% X_0$.
- risoluzione a punto singolo di $\sim 5 \mu\text{m}$.

5 MAPS layer:

- $R=1.7-2.3-3.1$
 - Dimensione Pixel: $20 \times 20 \mu\text{m}^2$
- $R=32-34$
 - Dimensione Pixel: $50 \times 100 \mu\text{m}^2$

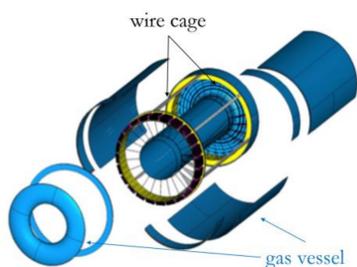


Sistema di Tracciamento

La camera a Drift (DCH) è progettata per fornire un buon tracciamento e alta precisione nella misurazione del momento. Permette inoltre eccellente identificazione delle particelle mediante conteggio dei cluster.

Requisiti:

- Copertura ad ampio angolo solido $|\cos \Theta| = 0.99$.
- Rilevatore ad alta granularità e alta trasparenza.
- Buona risoluzione del momento: $\Delta_{pt}/pt \sim 10^{-5} pt$ (un fattore 10 migliore del Large Electron Positron)



$L=400$ cm, $R=35-200$ cm.

Gas: 90% He-10% iC_4H_{10} .

Materiale: 1.6% X_0 (barrel), 5% X_0 (fwd/bkwd).

Lunghezza Drift: 1 cm, tempo drift: 350 ns.

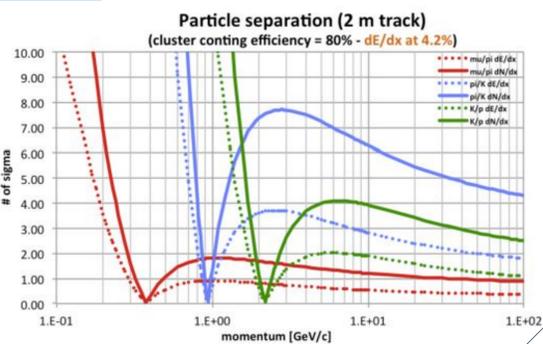
Risoluzione spaziale: $\sigma_{xy} < 100 \mu\text{m}$, $\sigma_z < 1000 \mu\text{m}$.

56448 celle a drift quadrate.

Dimensioni cella: 12-13.5 mm.

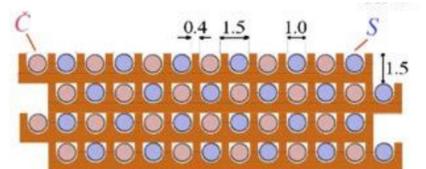
Layers: 14 SL x 8 layers = 112

Vertice+DCH+strati esterni di Silicio $\sim 0.27\%$ a 100 GeV.



Calorimetro a doppia lettura [3,4]

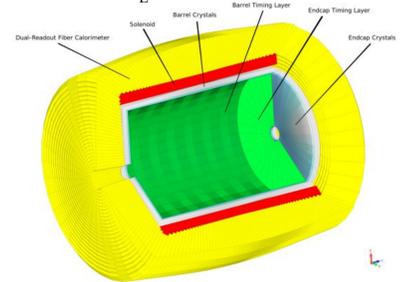
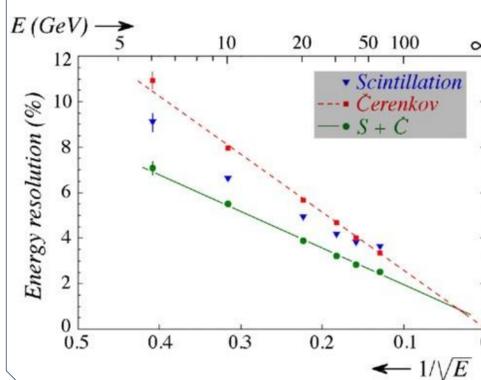
Il calorimetro a doppia lettura usa delle fibre sensibili ai segnali prodotti dalla luce di scintillazione (S) e Cherenkov (C) che vengono combinati fra loro, ottenendo un risultato eccellente in risoluzione energetica: $\sigma_E/E(\text{EM}) \sim 13\%$ e $\sigma_E/E(\text{HAD}) \sim 31\%$.



Fiber pattern RD52

Possibile aggiunta a questo design è di un layer di materiale omogeneo, tra DCH e il solenoide, per implementare la risoluzione in energia per la componente EM:

$\sigma_E/E(\text{EM}) \sim 3\%$ e $\sigma_E/E(\text{HAD}) \sim 30\%$.



Preshower e sistema per Muoni

Il pre-shower prima del calorimetro e il sistema muonico, costituito da strati di camere incorporate nel ferro di ritorno del magnete:

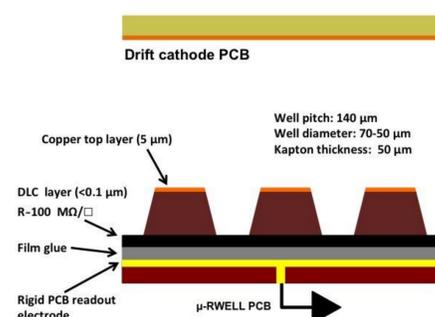
condividono la stessa tecnologia: μ -RWell [5]

Requisiti:

- Pre-shower: buon potere discriminante per $e-\gamma-\pi_0$; elevata granularità per identificare π_0 vicini ad adroni carichi.
- Sistema a muoni: identificazione di muoni ad alto momento, risoluzione spaziale traccia $< 400 \mu\text{m}$
- Per entrambi efficienza $> 98\%$, costi contenuti: deve coprire una superficie di diverse centinaia di m^2

Una tecnologia adatta è la MicroPattern Gas Detectors (MPGD) il cui funzionamento è:

- Una pattern di fogli di Kapton che rappresentano lo stadio di amplificazione.
- Uno stadio resistivo per permettere il passaggio della corrente e sopprimere le scariche.
- Un pattern di PCB per la lettura.



Misura del Momento dei muoni:

- Vertice+DCH+Strati esterni di Silicio: $\sim 0.27\%$ a 100 GeV.
- Eccellente identificazione di particelle isolate.

Identificazione dei muoni nei jet:

- Presenza di dietro al calorimetro: yoke di ferro $> 50 \text{ cm Fe}$
- 3-4 stazioni con 2 layer $50 \times 50 \text{ cm}^2$ di μ -RWell: risoluzione rispetto alla posizione della traccia del $\mu < 60 \mu\text{m}$.

Referenze:

- [1] FCC-ee: The Lepton Collider: Future Circular Collider Conceptual Design Report Volume 2, A. Abada et al. (The FCC Collaboration), Eur.Phys.J.ST 228 (2019) 2, 261-623
- [2] The IDEA detector concept for FCC-ee, G. Gaudio, PoS ICHEP2022 337
- [3] Dual-readout calorimetry, Sehwook Lee et al., Rev. Mod. Phys. 90, 025002
- [4] Combining Dual-Readout Crystals and Fibers in a Hybrid Calorimeter for the IDEA Experiment, M. Lucchini et al. (The IDEA proto Collaboration), PoS EPS-HEP2021 (2022) 850
- [5] The μ -RWELL for high rate application, G. Bencivenni et al., 2020 JINST 15 C09034