

# *CSN1: Input to the European Strategy for Particle Physics Update (ESPPU)*

Roberto Tenchini  
INFN Pisa

<https://europeanstrategyupdate.web.cern.ch/welcome>



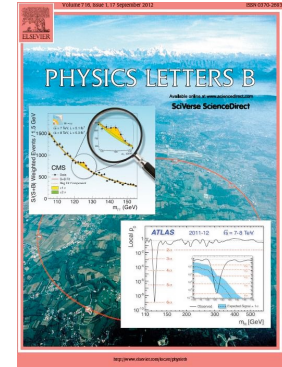
# Il dopo Higgs: nuova condizione o deja-vu ?

$$(i\hat{D} - m)\psi = 0$$

Equazione Dirac e scoperta positrone

Da artificio matematico a scoperta fondamentale

1932  $\longleftrightarrow$  2012

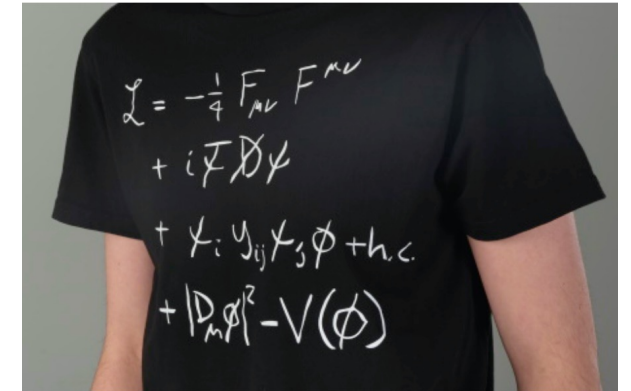


$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}\end{aligned}$$

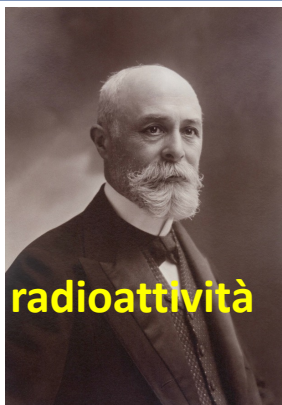


Successo degli "Standard Model"

1865  $\longleftrightarrow$  OGGI



Scoperta



radioattività

Indicazioni nuova fisica non spiegata dagli "Standard Model"

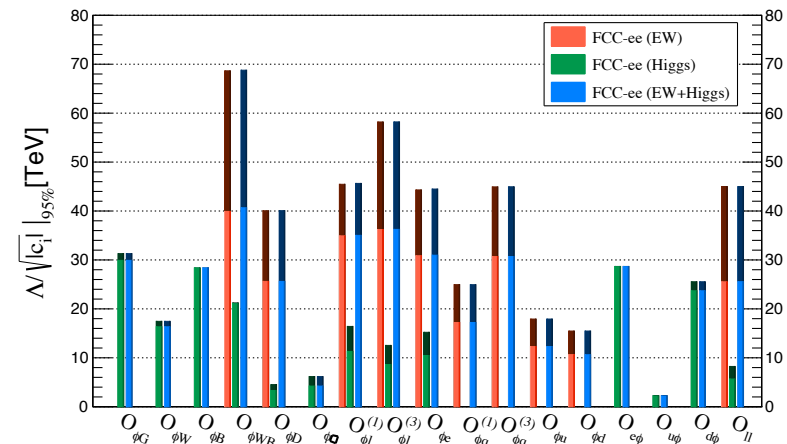
1896  $\longleftrightarrow$  OGGI



# La fisica delle particelle ritorna alla fase esplorativa

- Con una marcia in più rispetto al passato : la scoperta dell'Higgs (e del top) a una massa correttamente predetta dai fit elettrodeboli ci ha insegnato che le misure di precisione sono un potente strumento per esplorare, che si aggiunge e fa da complemento alla tradizionale ricerca diretta.
- E' ormai prassi nelle analisi dei dati di esperimenti moderni (e.g. LHC) fornire risultati nel quadro di una teoria di campo efficace (EFT) dando risultati numerici in termini di parametri (e.g. coefficienti di Wilson) che indicano la sensitività a nuova fisica a scale molto più alte rispetto alla energia nel centro di massa dell'esperimento stesso.

$$\mathcal{L}_{\text{SMEFT}} = \mathcal{L}_{\text{SM}} + \sum_i \frac{c_i}{\Lambda^2} \mathcal{O}_i$$

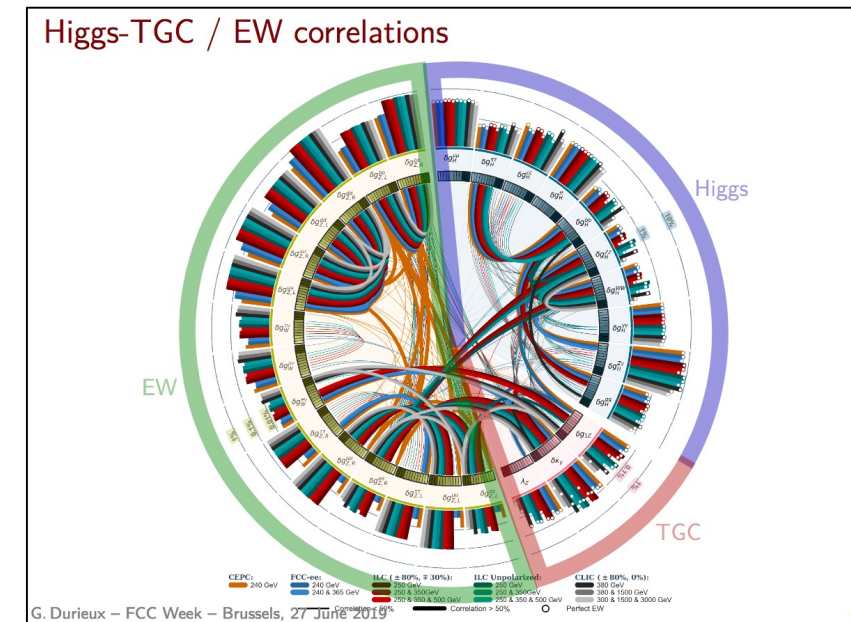


# physics drivers: 1) precisione Higgs + EW

- Le proprietà del bosone di Higgs devono essere studiate con alta precisione
  - La mancanza di nuova fisica a  $\approx 1$  TeV suggerisce precisione sulle couplings sotto il percento
  - Deve essere studiata la forma del potenziale di Higgs (misura accoppiamento trilineare)
- Necessario aumentare la precisione su osservabili Z, W, top di un ordine di grandezza
  - Sensitività osservabili EW a scale O(10 - 100 TeV)
  - Correlazione tra osservabili Higgs ed elettrodeboli

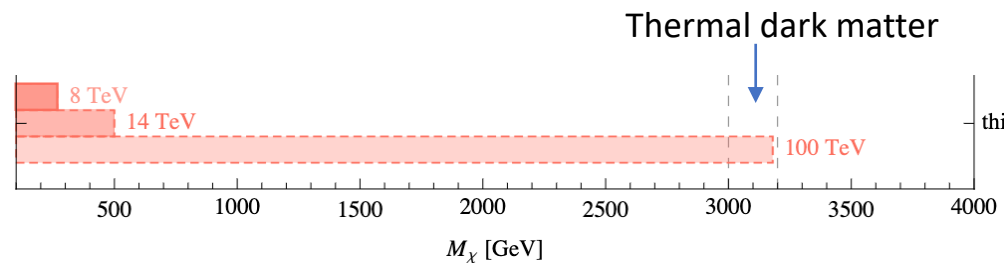
Importante fare anche misure qualitativamente differenti, e.g.,

- Misura diretta di  $\alpha(M_Z)$
- Calibrazione energia fasci in tempo reale



# physics drivers: 2) ricerca diretta nuova fisica con notevole estensione territorio esplorato

- Necessario un salto di scala significativo,  $\approx 10 \times$  LHC ovvero scale partoniche  $\approx 10 \text{ TeV}$ 
  - Esempio da FCC-hh, impatto su ricerca diretta WIMP Dark Matter



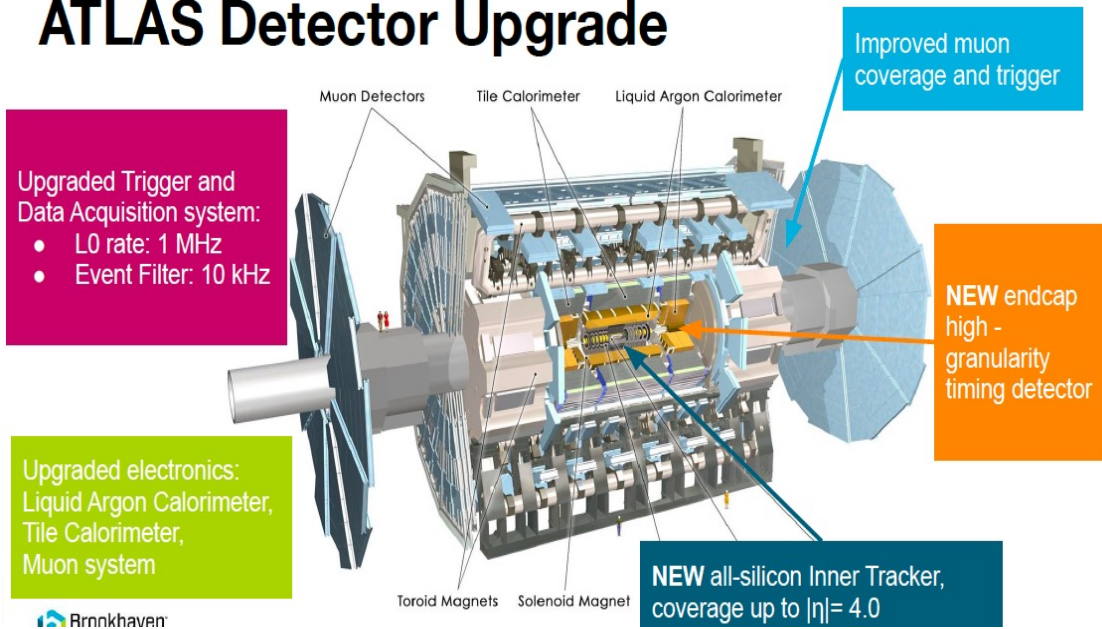
- In questo capitolo ricade anche lo studio diretto delle oscillazioni dei neutrini nei nuovi esperimenti long baseline, che estenderà notevolmente l'esplorazione di un fenomeno oltre il Modello Standard.

# Il ruolo dei progetti a medio termine (e.g. HL-LHC) *già approvati e sostenuti dalla CSN1*

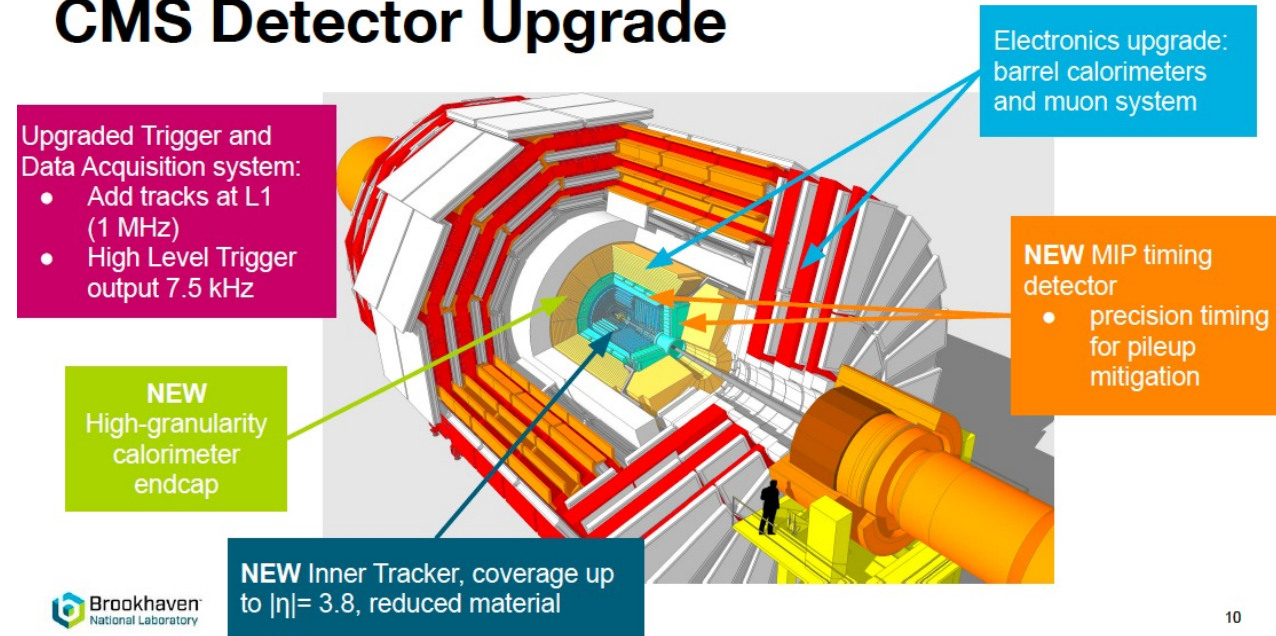
- Il focus di questa ESPPU riguarda un nuovo grande progetto a lungo termine (aka FCC), ma **i progetti in corso e già approvati sono una componente rilevante della strategy stessa**: il loro sostegno continua ad essere ben motivato
  1. Hanno di per se forte potenziale di esplorazione e scoperta
  2. Forniscono misure importanti al grande progetto successivo
  3. Forniscono preziose opportunità di formazione a una generazione di giovani fisici, quella che supervisionerà e dirigerà la ricerca fondamentale in progetti a lungo termine !
  4. Il loro successo e' un pre-requisito per farci approvare il progetto successivo

# ATLAS e CMS a HL-LHC (fase 2)

## ATLAS Detector Upgrade



## CMS Detector Upgrade



- Misura della Higgs couplings Z,W e fermioni terza gen O(1%)
- Misura dell'accoppiamento trilineare al 50% singolo esp. (combinazione 30%)
- Misura decadimenti rari (e.g. top FCNC)
- Estensione territorio esplorato BSM

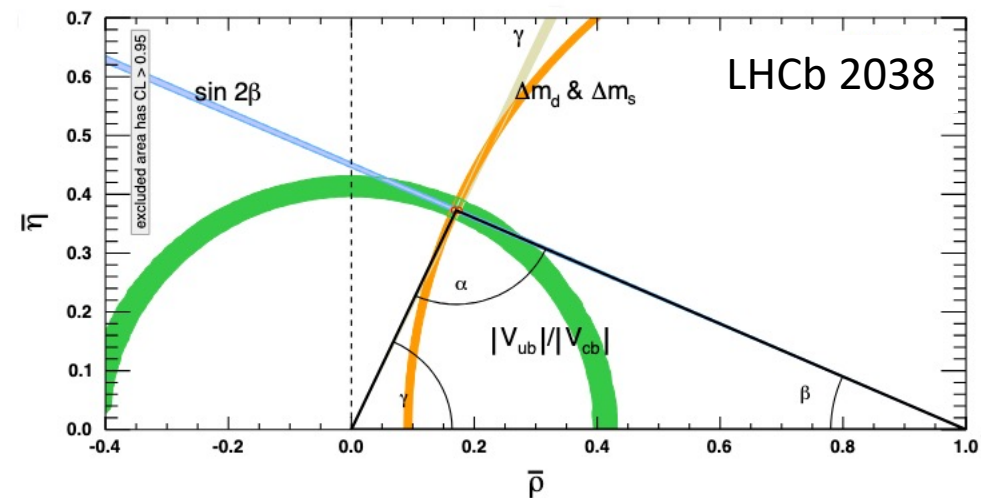
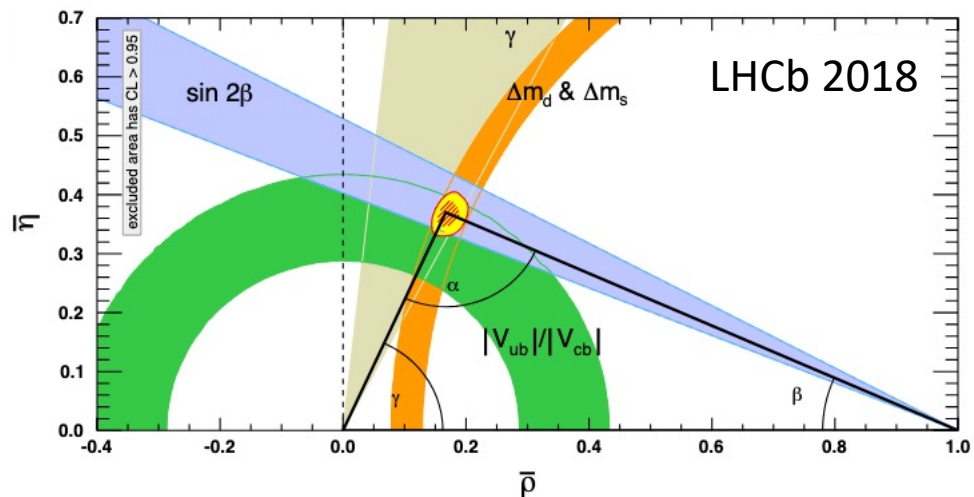
# Precisione Higgs couplings HL-LHC e (FCC-ee+HL-LHC)

Coupling	HL-LHC	FCC-ee (240–365 GeV) 2 IPs / 4 IPs
$\kappa_W$ [%]	1.5*	0.43 / 0.33
$\kappa_Z$ [%]	1.3*	0.17 / 0.14
$\kappa_g$ [%]	2*	0.90 / 0.77
$\kappa_\gamma$ [%]	1.6*	1.3 / 1.2
$\kappa_{Z\gamma}$ [%]	10*	10 / 10
$\kappa_c$ [%]	–	1.3 / 1.1
$\kappa_t$ [%]	3.2*	3.1 / 3.1
$\kappa_b$ [%]	2.5*	0.64 / 0.56
$\kappa_\mu$ [%]	4.4*	3.9 / 3.7
$\kappa_\tau$ [%]	1.6*	0.66 / 0.55
BR <sub>inv</sub> (<%, 95% CL)	1.9*	0.20 / 0.15

(\*) include assunzioni sulla Higgs width, a LHC si possono misurare solo coupling ratios



# Medio termine: progressi significativi nel flavour



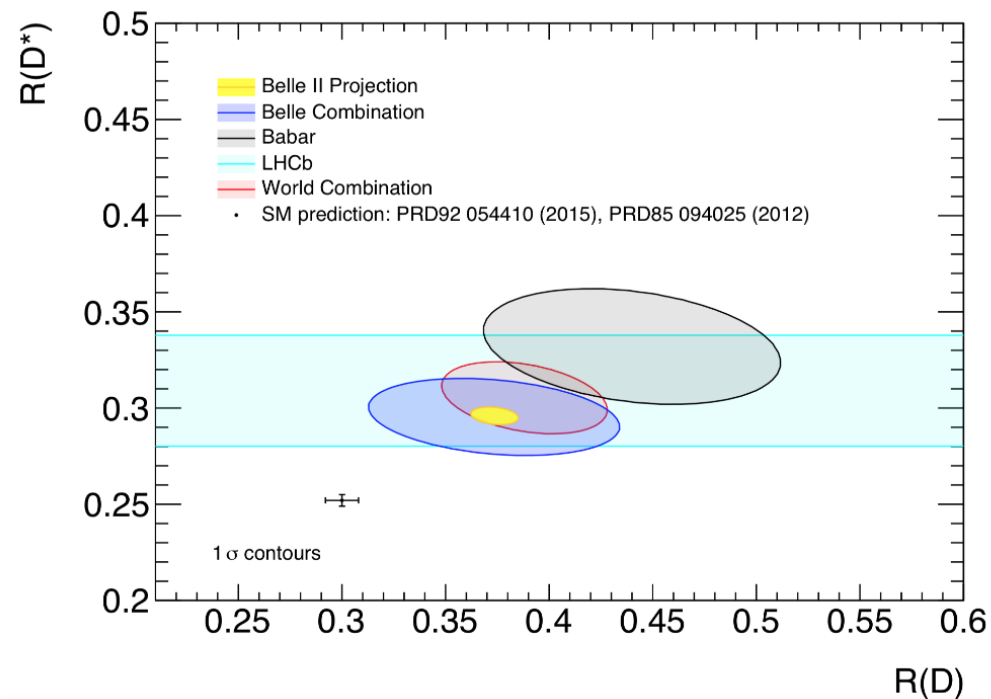
## LHCb

- $O(10^{14})$  adroni b e c
- $O(10^{11})$  tau

## Belle II

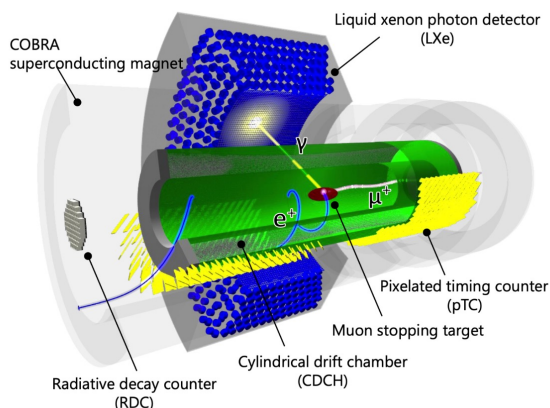
- $O(10^{10})$  mesoni B
- $O(10^{10})$  tau

In ambiente pulito (canali complementari)



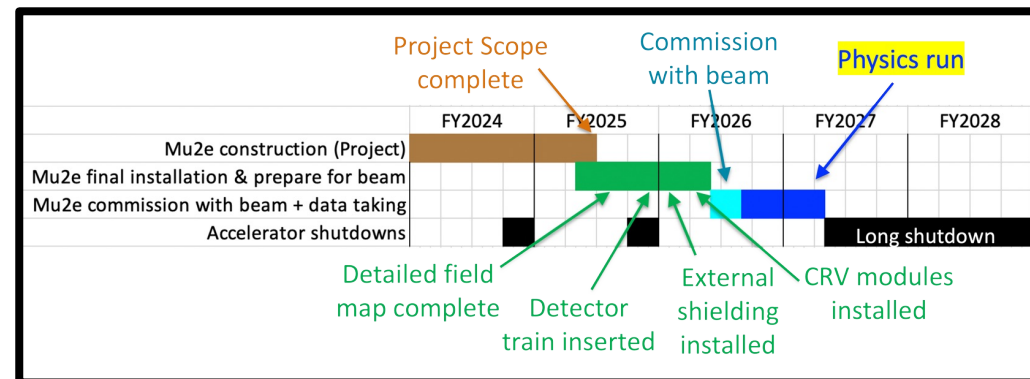
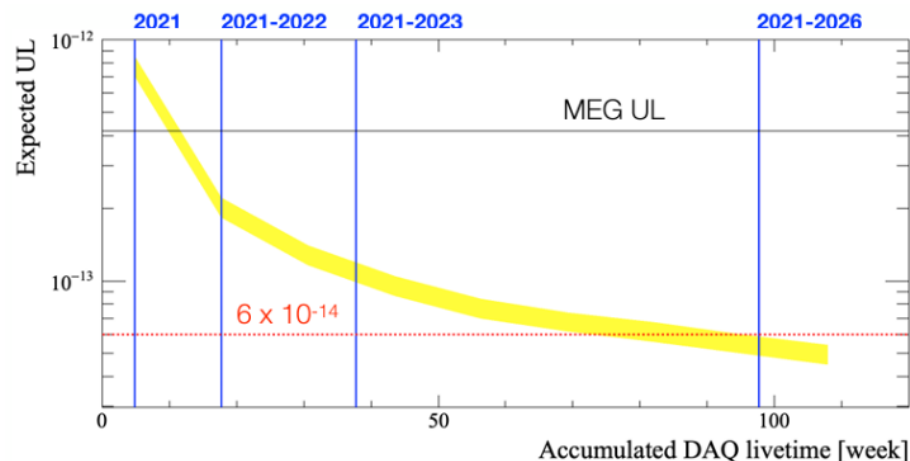
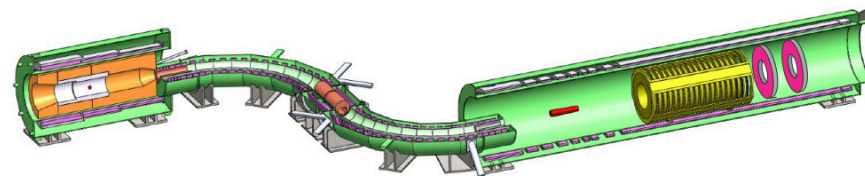
# Medio termine: progressi significativi nel flavour

Notevole impegno CSN1 su LFV nelle transizioni  $\mu \rightarrow e\gamma$ : MEG 2 e MU2E



complementarietà tra MEG II / MU2E: la sensibilità è diversa a secondo del modello (dipole operator o contact interaction), fattore  $1/\alpha$

MU2E: Searching for muon-to-electron conversion in a thin aluminum stopping target



Grazie a Francesco  
Terranova per  
queste slides 😊

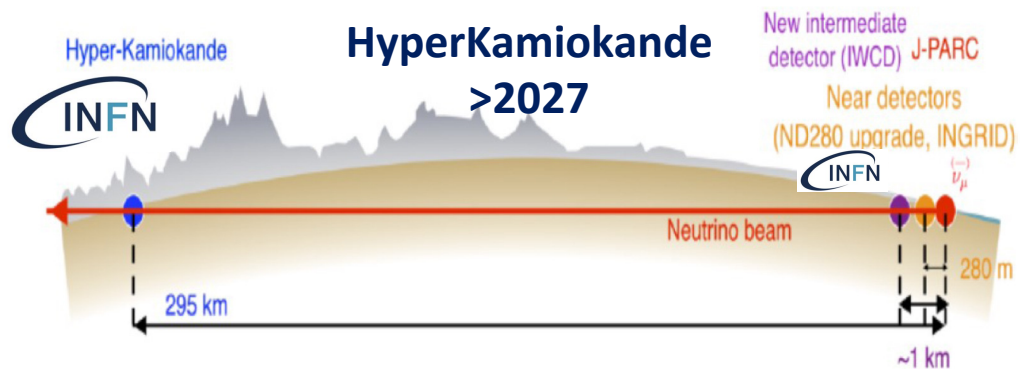
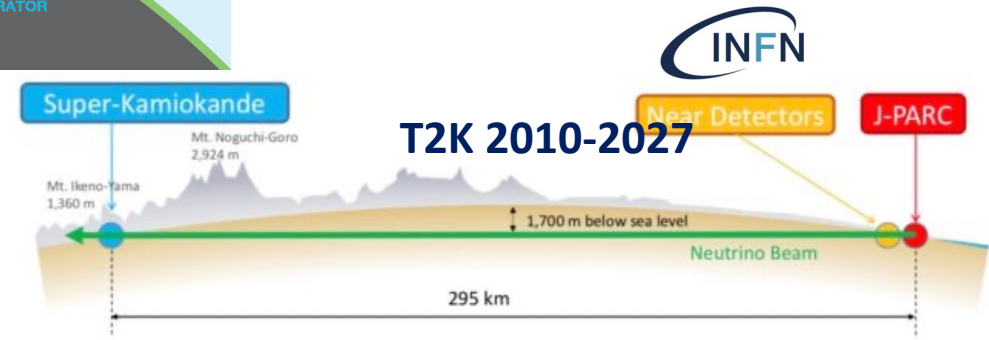
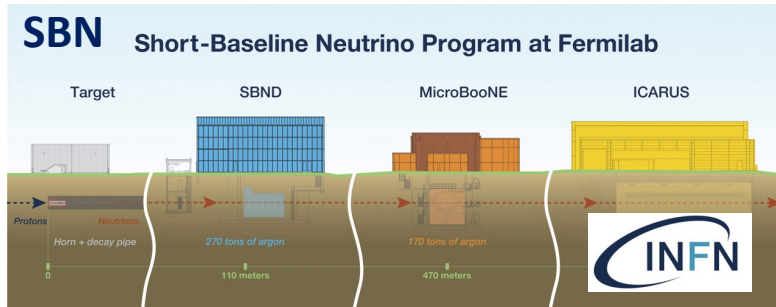
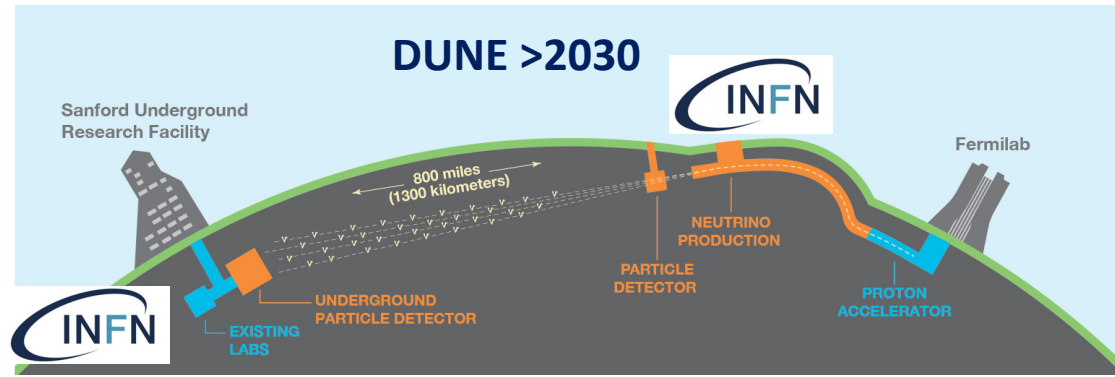
# Fisica del neutrino agli acceleratori

Una straordinaria opportunità: il fatto che tutti gli angoli di mixing siano grandi (“scoperta di  $\theta_{13}$ ”) e le differenze di masse tra gli autostati non siano troppo diverse tra di loro permette a un potenziale esperimento di neutrino agli acceleratori di misurare **l'intero settore di Yukawa dei leptoni dello SM** eccetto l'autostato più leggero.

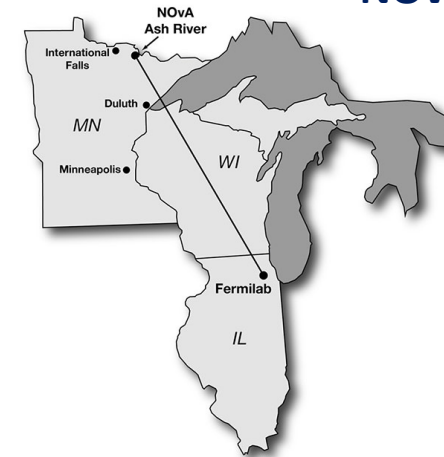
Conseguenze:

- Ha dato origine ai due più ambiziosi, complessi (e costosi!) esperimenti mai approvati nella fisica del neutrino: **DUNE e HyperKamiokande**. Entrambi sono supportati dall'INFN e sono in fase avanzata di costruzione
- Ha permesso lo sviluppo di nuove tecnologie per la fisica delle oscillazioni. Molte di queste innovazioni hanno preso forma al CERN, nel contesto della **CERN Neutrino Platform** che è stato un *innovation hub* essenziale per la realizzazione di questo programma.
- Ha delineato una roadmap di fisica chiara e molto convincente:
  - I neutrini costituiscono una nuova sorgente di violazione di CP? E' tale sorgente rilevante per spiegare l'asimmetria materia-antimateria (leptogenesi)? **Search for CP violation in the lepton sector**
  - Qual'è il pattern degli autostati di massa dei neutrini? La massa più leggera è quella che maggiormente si accoppia con il neutrino elettronico (come avviene per i quark). Che implicazioni ha per il doppio beta e le misure di massa assoluta. **Determination of mass hierarchy**
  - Ci sono mixing massimali nel settore leptonico? Qual'è la loro origine UV?  $\theta_{23}$  **octant ambiguity**

# I big five della fisica del neutrino agli acceleratori



NOvA 2015-2027



# La strategia dell'INFN fino ad oggi

L'INFN ha saputo posizionarsi molto bene in questo nuovo contesto fin dalla scoperta di  $\theta_{13}$  (2012). La logica sottostante le scelte fatte può essere così riassunta:

- L'INFN ha inventato, grazie a C. Rubbia e alla Collaborazione ICARUS **la tecnologia delle TPC ad argon liquido**. Questa tecnologia è diventata la tecnologia di riferimento del programma americano e, pertanto, l'INFN ha dato priorità a stabilire per sé un ruolo di leadership nel programma short-baseline (ICARUS@Fermilab) e long-baseline (DUNE) del Fermilab. Non è accidentale che in questo momento l'INFN esprima due spokesperson in tale programma...
- L'INFN ha contribuito fin dal 2008 al **programma giapponese** di upgrade progressivi del fascio e del rivelatore (K2K → T2K + ND280 → HyperKamiokande). Inoltre, HyperKamiokande ha scelto alcune tecnologie specifiche dell'INFN (multi-PMT, front-end electronics INFN per i 20' PMT). Abbiamo perciò consolidato questa presenza anche dopo la scoperta di  $\theta_{13}$  e l'approvazione di HyperKamiokande
- Il ruolo dell'INFN è stato fondamentale per **la realizzazione della Neutrino Platform** e l'INFN è tra le institution leaders:
  - dei due dimostratori di DUNE: ProtoDUNE-HD e ProtoDUNE VD
  - l'on-axis near detector di DUNE – SAND (aka KLOE ☺ )
  - La realizzazione delle TPC del nuovo near-detector di T2K/HyperKamiokande
  - Il dimostratore del concetto di fascio monitorato e taggato (NP06/ENUBET)

# La strategia a medio-lungo termine : (I) Long-baseline

## DUNE e la CERN Neutrino Platform:

C'è piena concordanza tra la strategia INFN e l'outcome di P5 negli Stati Uniti. DUNE è un esperimento in costruzione e il prossimo quinquennio sarà fondamentale per realizzare la Fase I. La Fase II, che include la realizzazione delle altre due TPC e il full Near Detector complex, è essenziale per raggiungere la sensibilità finale alla violazione di CP.

Completing Phase II is essential to establish CP violation with a precision of approximately  $10^\circ$  and to fully leverage the significant investments made thus far. The third and fourth DUNE TPCs, along with the DUNE Near Detector, will employ advanced technologies currently under development. Reaffirming CERN as the central hub for validating these technologies—following the success of ProtoDUNE-HD and ProtoDUNE-VD for Phase I—is crucial. **Achieving this vision requires robust support for the CERN Neutrino Platform over the next five years.**

## HyperKamiokande:

E' importante sottolineare la rilevanza dei contributi INFN e l'intenzione di mantenere un costante supporto al progetto

The HyperKamiokande experiment builds on INFN's contributions to the T2K near detector ND280 and leverages INFN's expertise in developing the multi-PMT systems employed by KM3Net, as well as the front-end electronics for 20" PMTs.

## La strategia a medio-lungo termine (II): fisica del neutrino al CERN

Il CERN non ha un fascio di neutrino da molti anni ma, fin dalla Deliberation della precedente strategy, è stato identificato un **caso di fisica compelling** in cui il CERN potrebbe diventare il laboratorio di riferimento a livello globale: lo studio delle sezioni d'urto del neutrino con una precisione che sia appropriata per la fisica delle oscillazioni agli acceleratori (DUNE/HyperK) e con i telescopi di neutrino (KM3Net/IceCube)

The previous European Strategy identified a new generation of high-precision cross-section experiments as a crucial step toward significantly reducing systematic uncertainties in DUNE and HyperKamiokande, and addressing electroweak nuclear physics .... The unique capabilities of the CERN accelerator complex, particularly the LHC, provide an opportunity to explore neutrino cross sections ....

L'INFN contribuisce in modo sostanziale a due progetti chiave di questo programma:

- L'osservazione di neutrini da LHC (SND@LHC) su cui si sta sviluppando un programma intenso e potenziali upgrades sia all'LHC sia alla BDF
- La realizzazione di un fascio di nuova concezione in cui il flusso è monitorato a livello del 1% e i neutrini sono taggati uno per uno (SBN@CERN, erede di NP06/ENUBET) che sta completando gli studi di fattibilità in previsione del TDR

# Future Colliders

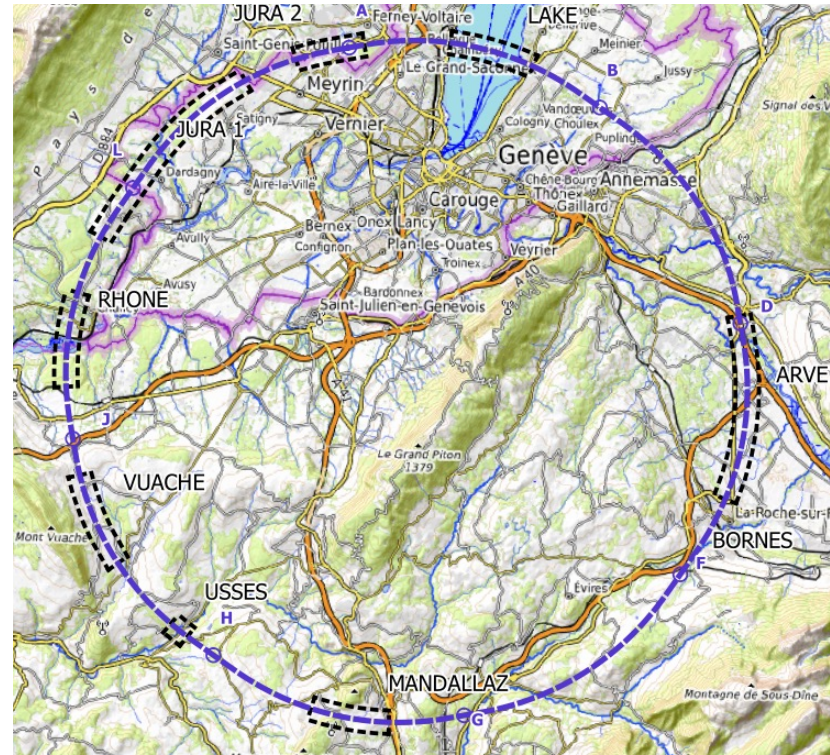
- La precedente ESSP : *“investigate the technical and financial feasibility of a future hadron collider at CERN with a centre-of-mass energy of at least 100 TeV and with an electron-positron Higgs and electroweak factory as a possible first stage “*
- Da allora : il Feasibility Study di FCC ha passato con successo la fase mid-term e si sta avviando alla conclusione (dopo l'estate)
- Esiste un progetto dettagliato per il tunnel (90.7 km), delle 4 aree sperimentali e 4 di servizio, incluse strade di collegamento, studi geologici, impatto ambientale, etc.



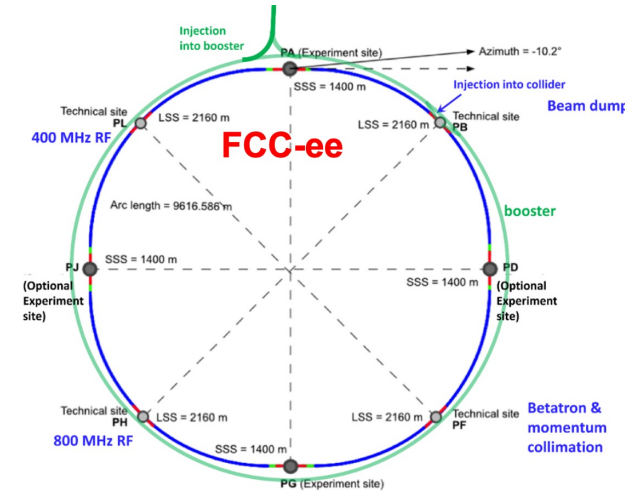
# After HL-LHC: the FCC integrated project

## Comprehensive long-term program maximizing physics opportunities

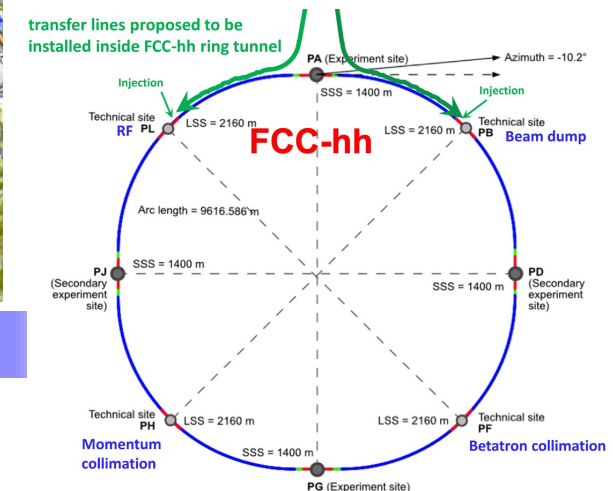
- stage 1: FCC-ee (Z, W, H,  $t\bar{t}$ ) as Higgs factory, electroweak & top factory at highest luminosities
- stage 2: FCC-hh (~100 TeV) as natural continuation at energy frontier, with ion and eh options
- complementary physics
- common civil engineering and technical infrastructures, building on and reusing CERN's existing infrastructure
- FCC integrated project allows seamless continuation of HEP after completion of the HL-LHC program



Infrastructure preparation 2020 - 2040



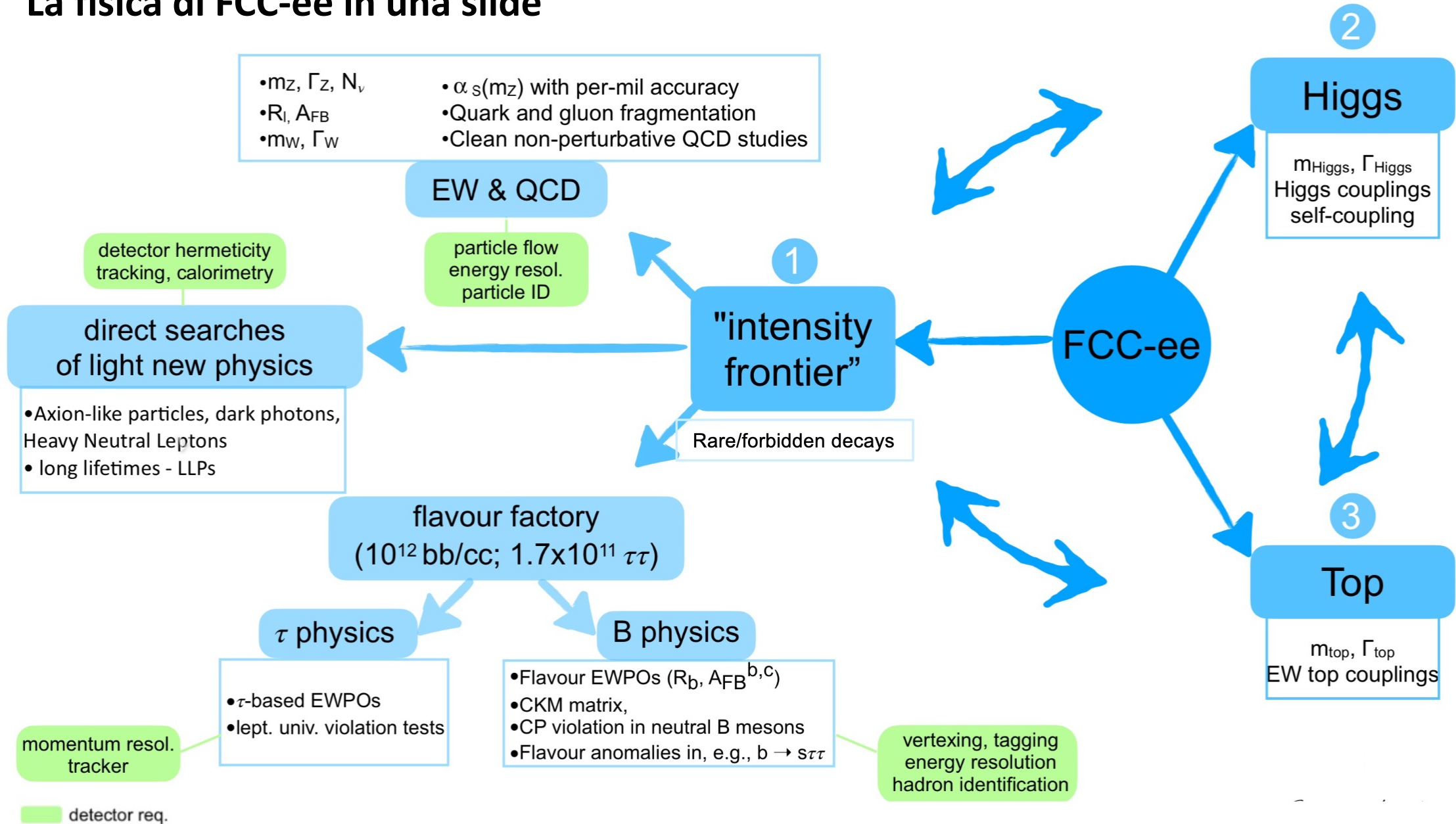
2045 - 2060



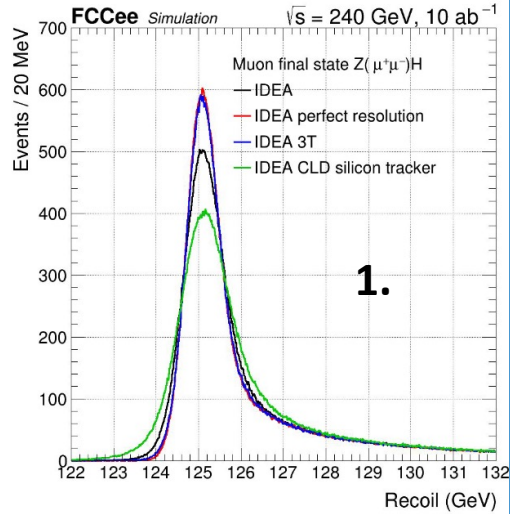
2065 - 2090

**A first class infrastructure to maintain the leadership of European research in particle physics over the 21<sup>st</sup> century**

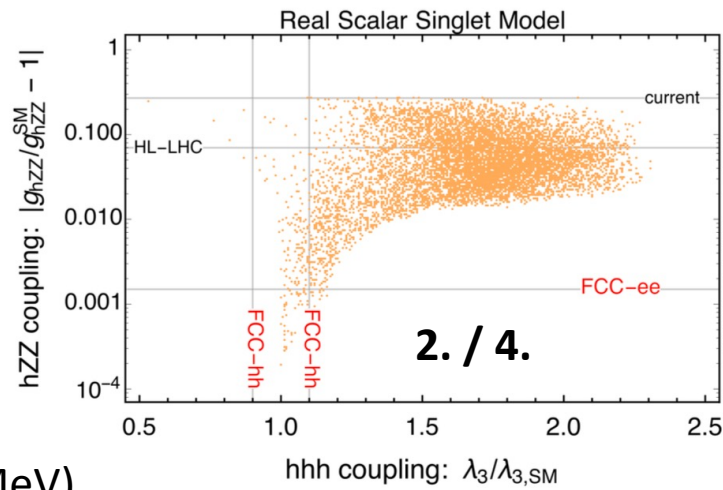
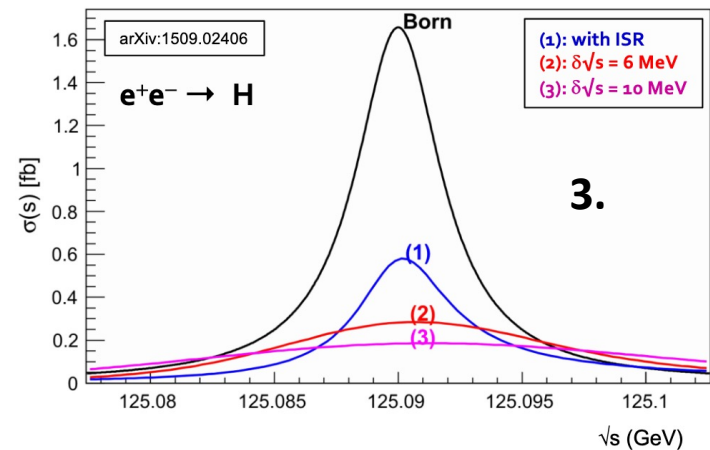
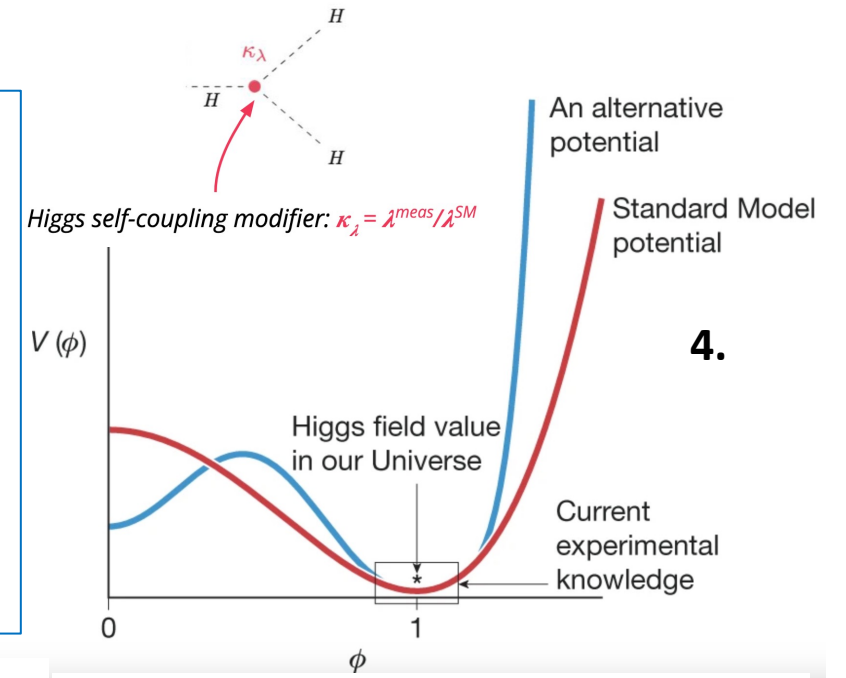
# La fisica di FCC-ee in una slide



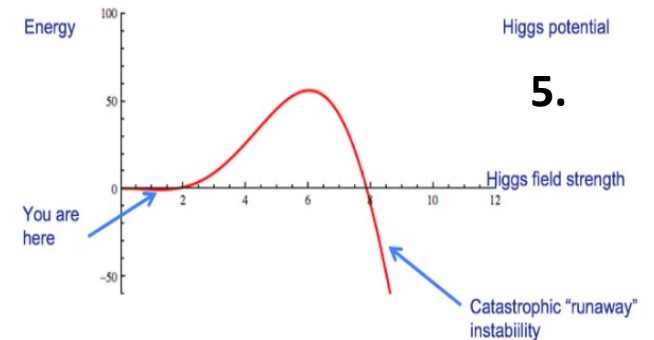
# FCC unique project to unveil the nature of the Higgs



1. FCC-ee : Measurement of absolute couplings and invisible width with recoil in HZ
2. FCC-ee : precision couplings (permil for ZZ)
3. FCC-ee : potential to investigate 1<sup>st</sup> generation
4. FCC-hh : Higgs self-coupling at  $\approx 5\%$  (with FCC-ee  $\approx 20\%$  with single Higgs)
5. FCC-ee : precision top mass vs Higgs investigates stability of the Universe



$$V(\Phi^+\Phi) = \mu^2\Phi^+\Phi + \lambda(\Phi^+\Phi)^2$$

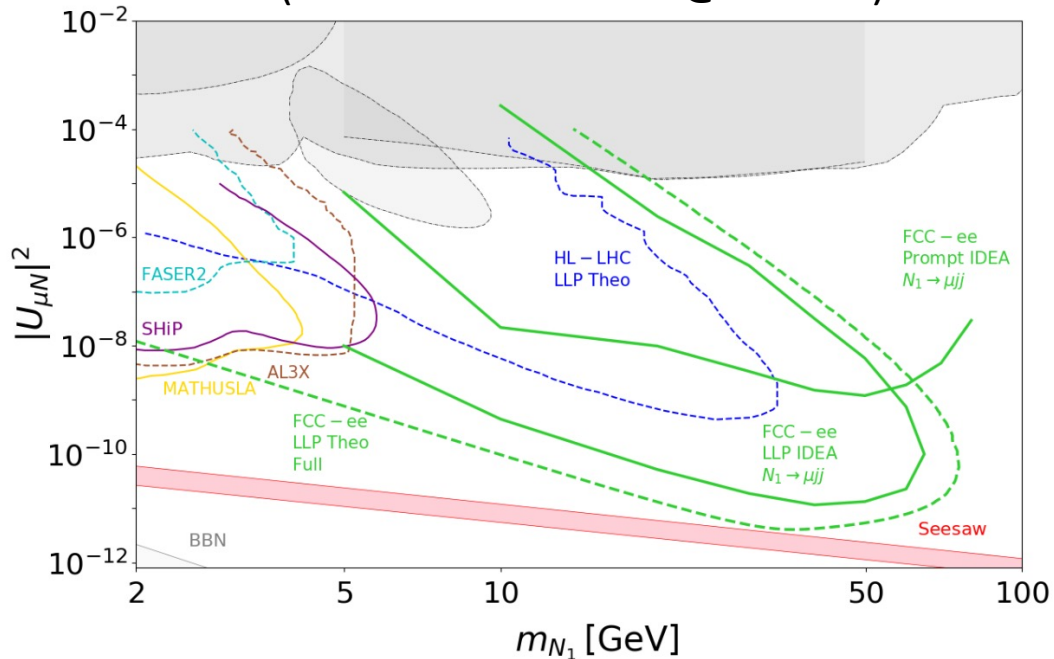


Need  $\sqrt{s}$  monochromatisation ( $\Gamma_H \approx 4.2 \text{ MeV}$ )

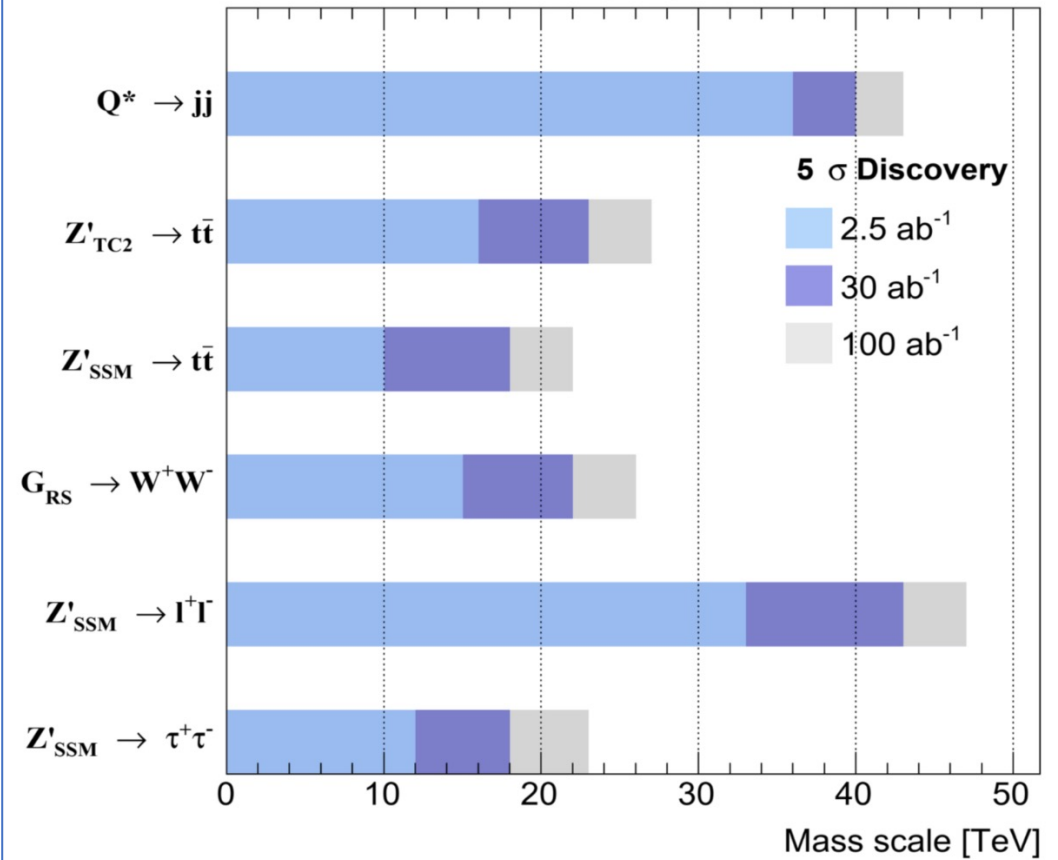
# FCC exploring new territories for BSM

## Heavy Neutral Leptons

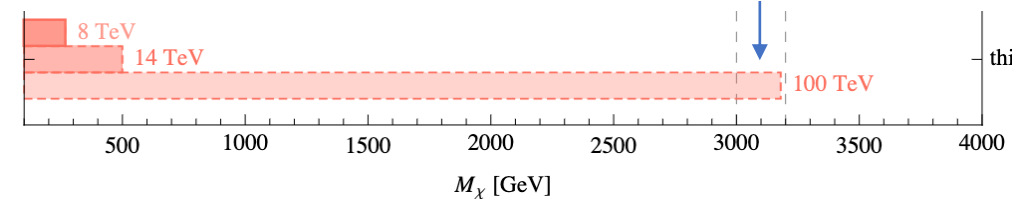
(seesaw mechanism @ FCC-ee)



FCC-hh Simulation (Delphes),  $\sqrt{s} = 100 \text{ TeV}$



Thermal dark matter



FCC-hh closing the window for WIMP dark matter

# FCC-hh nel layout finale di 90.7 km

Si stanno studiando varie opzioni, mantenendo un massimo di 4 MW per la radiazione di sincrotone e pilup massimo = 1000

BASELINE 

Dipole field [T]	c.m. energy	Comment
12	72	not far above peak field of HL-LHC Nb <sub>3</sub> Sn quadrupoles
14	84	Nb <sub>3</sub> Sn or HTS
17	102	HTS
20	120	HTS

Coupling precision	100 TeV CDR baseline	80 TeV	120 TeV
$\delta g_{H\Upsilon\Upsilon} / g_{H\Upsilon\Upsilon} (\%)$	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>
$\delta g_{H\mu\mu} / g_{H\mu\mu} (\%)$	<b>0.65</b>	<b>0.7</b>	<b>0.6</b>
$\delta g_{HZ\Upsilon} / g_{HZ\Upsilon} (\%)$	<b>0.9</b>	<b>1.0</b>	<b>0.8</b>

$\delta\kappa_{HHH} (\%)$

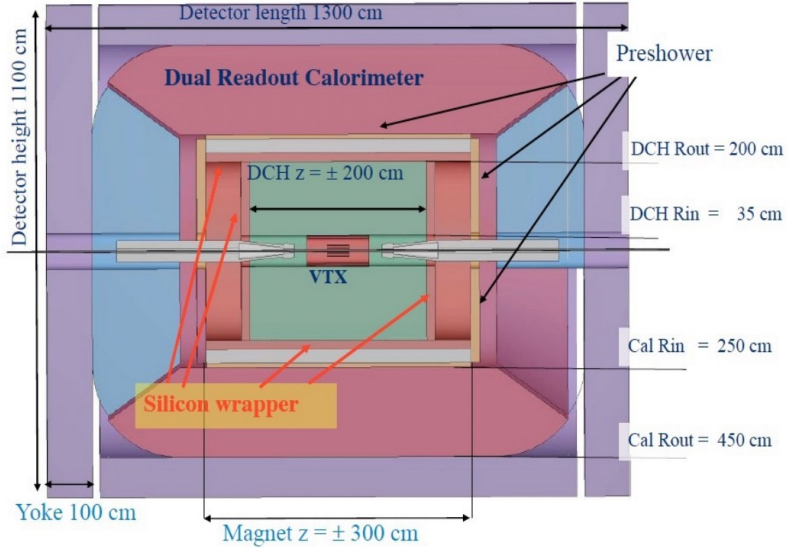
100 TeV	s	80 TeV	s	120 TeV	s
stat	<b>3.0</b>	stat	<b>3.5</b>	stat	<b>2.6</b>
syst	<b>1.6</b>	syst	<b>1.6</b>	syst	<b>1.6</b>
<b>tot</b>	<b>3.4</b>	<b>tot</b>	<b>3.8</b>	<b>tot</b>	<b>3.1</b>

$$\frac{\sigma_{HH}(80\text{TeV})}{\sigma_{HH}(100\text{TeV})} \sim 0.72 \Rightarrow \text{reduce } \delta_{\text{stat}} \text{ by 15\%}$$

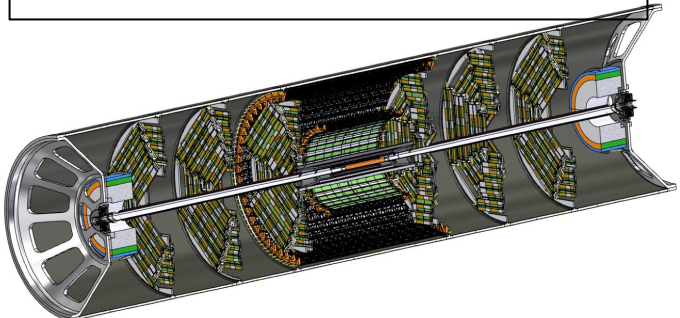
$$\frac{\sigma_{HH}(120\text{TeV})}{\sigma_{HH}(100\text{TeV})} \sim 1.3 \Rightarrow \text{increase } \delta_{\text{stat}} \text{ by 15\%}$$

# Preparing the future at CSN1: FCC @ INFN, Detector R&D

## IDEA detector for FCC-ee



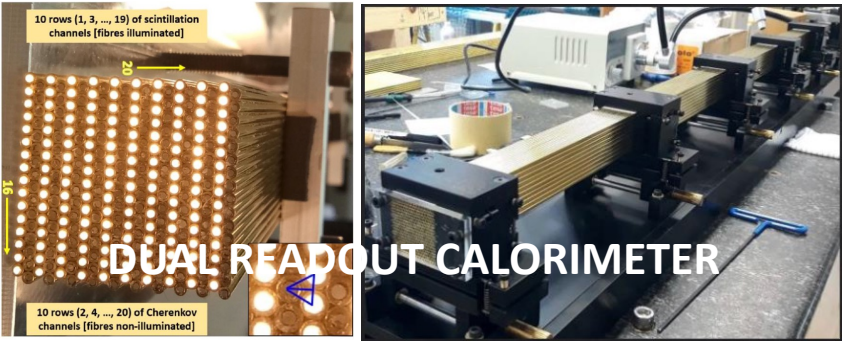
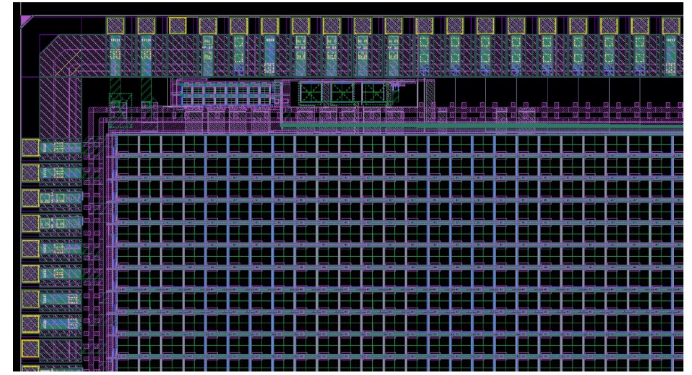
Example: developed a detailed design of the vertex detector region, with MAPs based silicon sensors. Integration takes into account crossing angle and other accelerator constraints



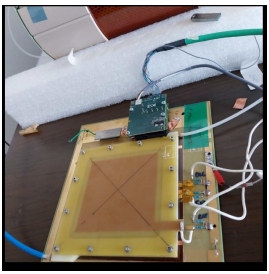
INFN MEG II Drift Chamber as a prototype for FCC Tracking



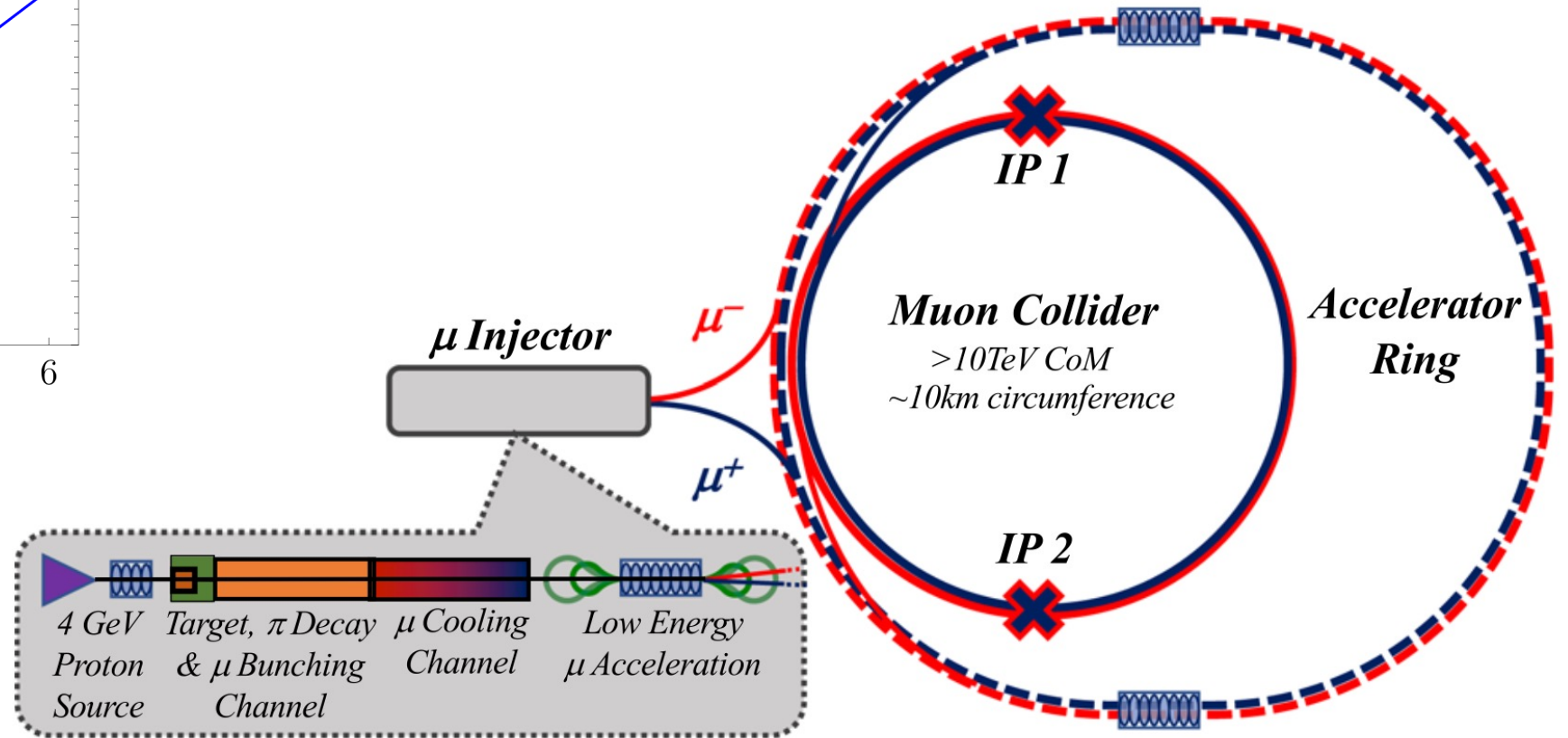
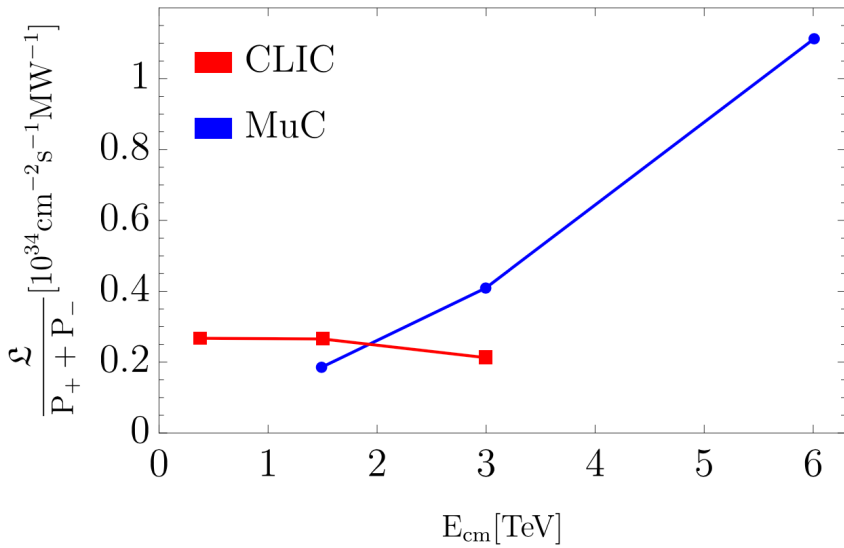
Collaboration with FBK for Digital SiPM CMOS dedicated to fiber calorimeter



Prototype of  $\mu$ RWELL detector for muon chambers, tested with new TIGER low noise electronics

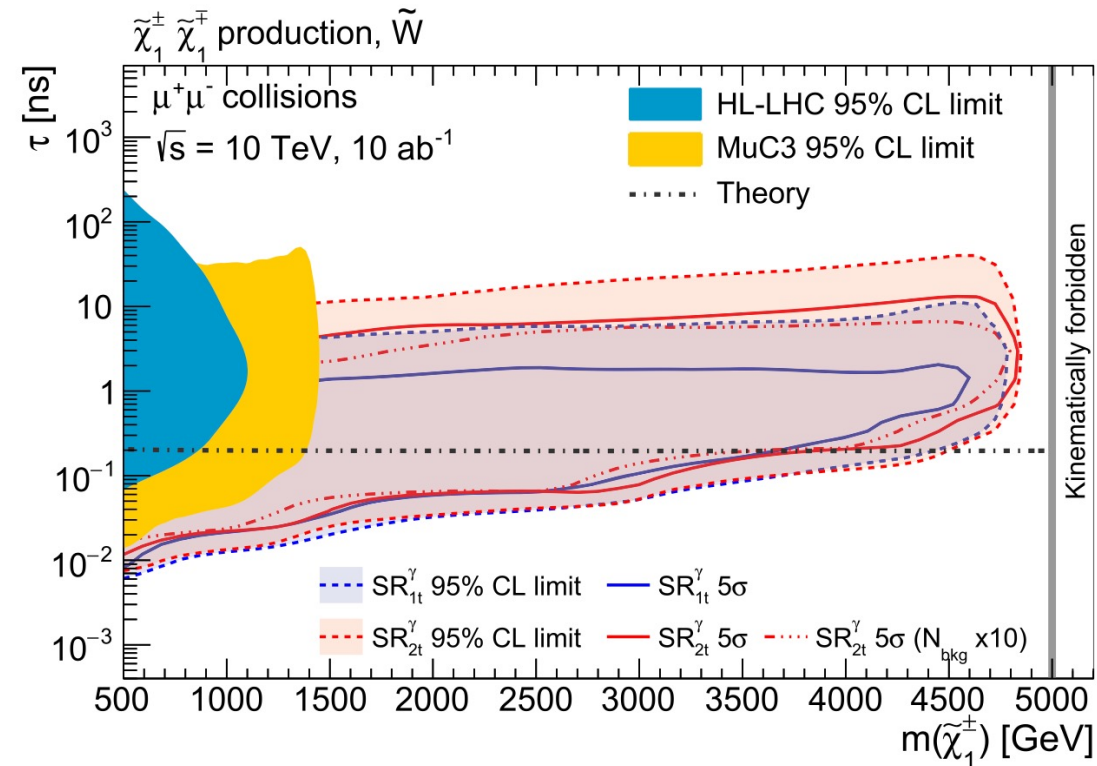
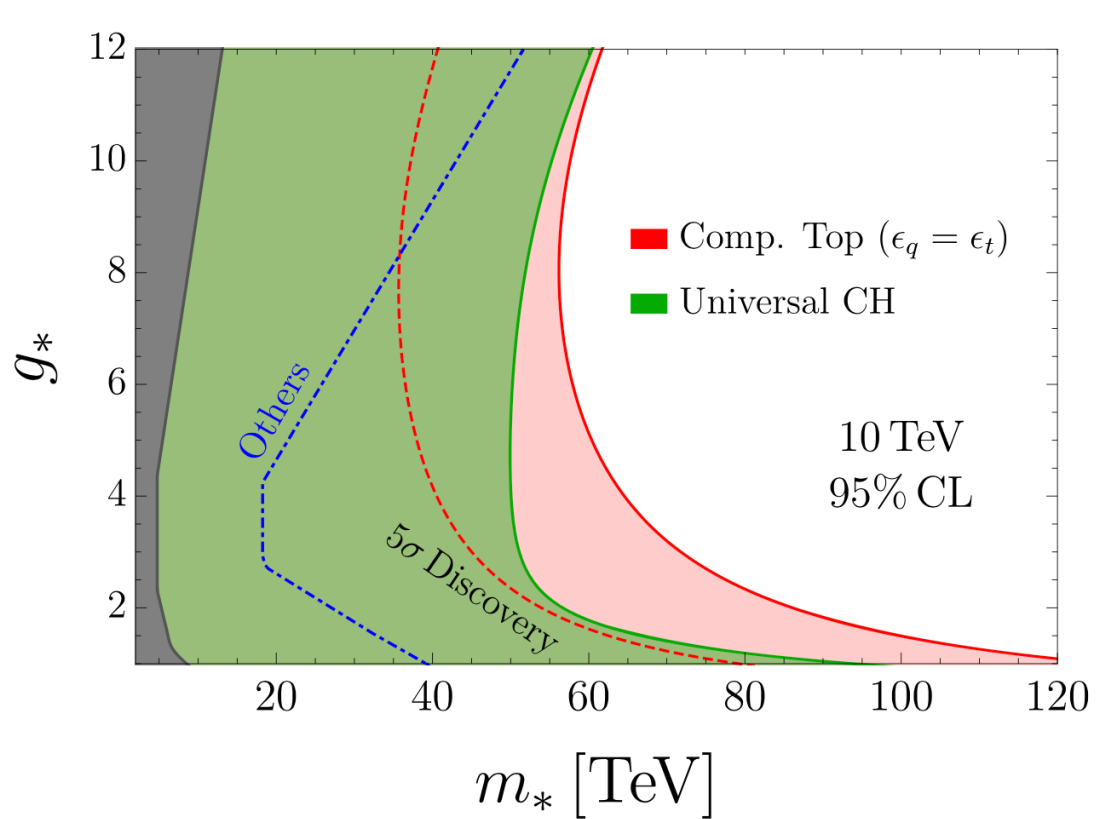
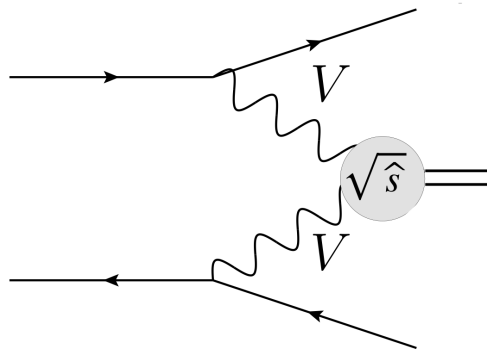


# Muon Collider



**Cost and power** consumption drivers, limit energy reach  
 e.g. 30 km accelerator for 10/14 TeV, 10/14 km collider ring

# Muon Collider





# Demonstrator Facility: a crucial step forward!

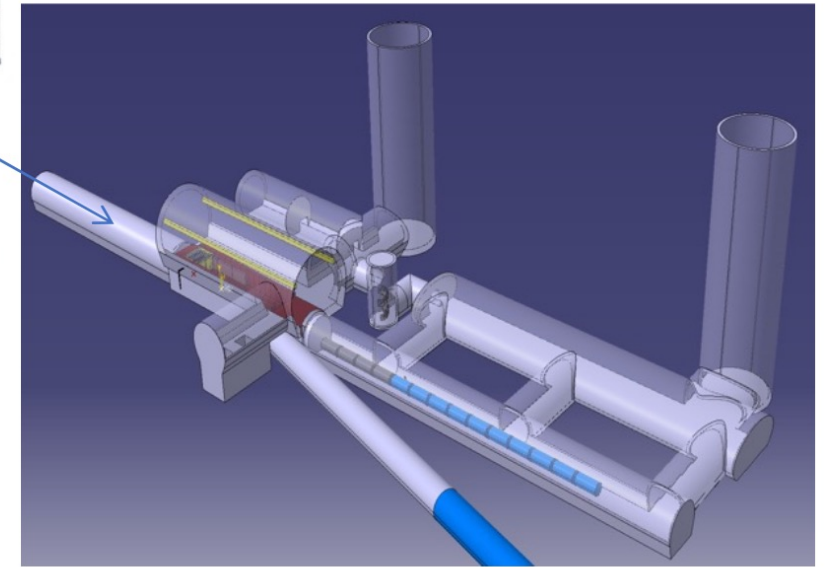
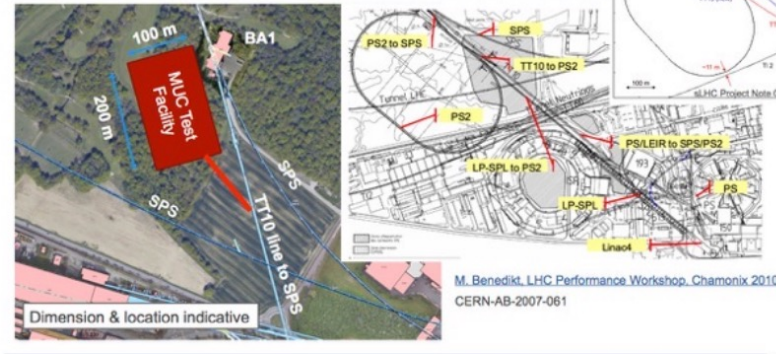
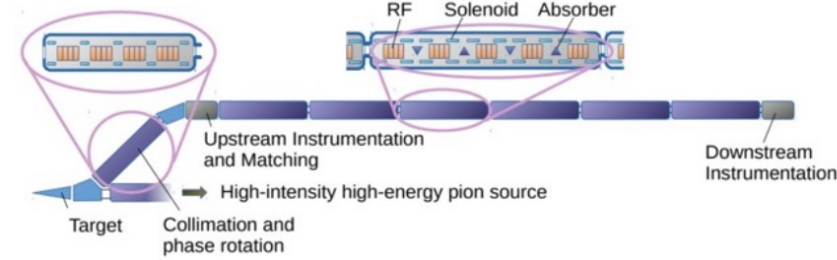
Planning **demonstrator** facility with muon production target and cooling stations

Suitable **site exists** on CERN land and can use **PS proton beam**

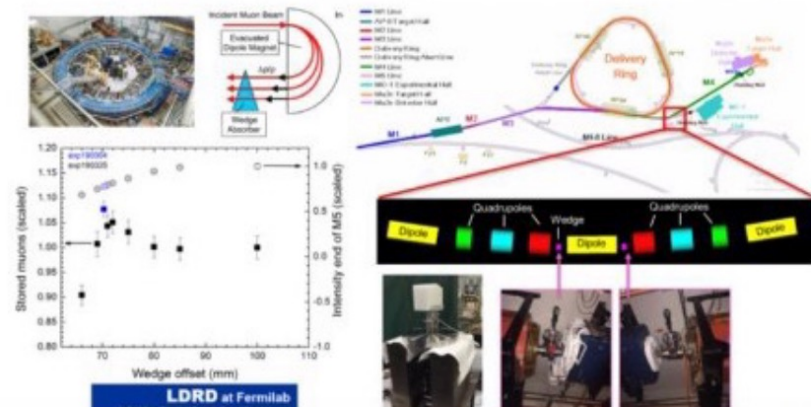
- could combine with **NuStorm** or other option

Possibility around TT10

**@ CERN**



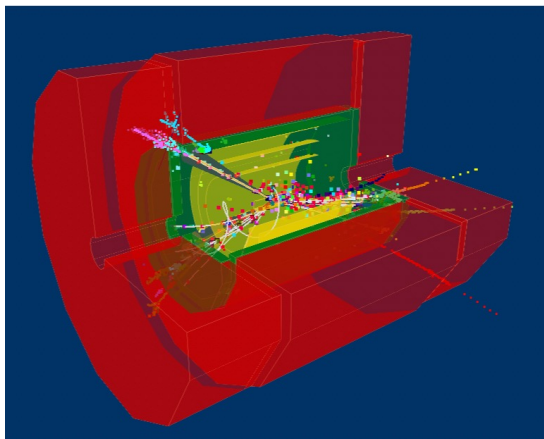
**@ FNAL**



**International Muon Collider Collaboration: Demonstrator Workshop**

**@ FNAL October 30 – November 1, 2024**

# CSN1 *Detector R&D towards a Mucol experiment @ 10 TeV*



**Tracker silicon sensors + electronics:** DRD3/DRD7

LGAD-4D tracking new thin sensors – also ERC COMPLEX TO MAPS to face higher occupancies @ vertex inner layers PD

**e.m. calorimeter:** DRD6/PRIN

CRILIN: crystal calorimeter with longitudinal information

Full size prototype: 5x5 crystals and 5 layers - 21  $X_0$  and 1  $M_R$   
LNF + PD + RM3 + TO + ENEA + YALE

**hadron calorimeter:** DRD6/PRIN

MPGD-based HCAL: prototype with 20x20 cm<sup>2</sup> detectors – BA

**timing muon layer:** DRD1 - WP7 MPGD Timing Detectors  
picosec – PV

**TPC atmospheric pressure @ demonstrator:** DRD1

prototype detector – synergy with neutrino physics – BA



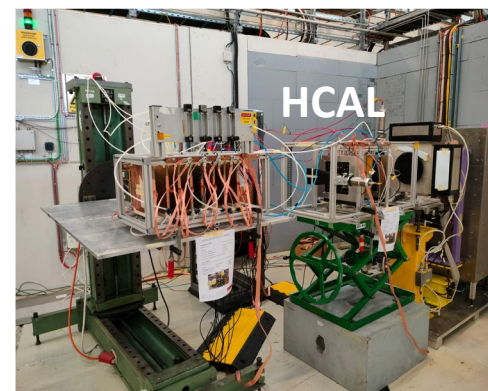
CRILIN



PICOSEC

## Radiation damage in detector @ 10 TeV

Per year of operation (140d)	Ionizing dose	Si 1 MeV neutron-equiv. fluence
Vertex detector	200 kGy	$3 \times 10^{14}$ n/cm <sup>2</sup>
Inner tracker	10 kGy	$1 \times 10^{15}$ n/cm <sup>2</sup>
ECAL	2 kGy	$1 \times 10^{14}$ n/cm <sup>2</sup>



HCAL

# Conclusioni: la visione a medio e lungo termine

- La costruzione di una strategia per la fisica delle particelle in Europa coinvolge aspetti legati alla **fisica**, alla **tecnologia** e alla **geopolitica**.
- L'attuale scenario della fisica delle particelle richiede una **maggiore precisione in un'ampia serie di misure di fisica elettrodebole**, compreso ovviamente il settore del bosone di Higgs, e una **sostanziale estensione del territorio esplorato alla ricerca di nuovi fenomeni**.
- A **medio termine** esiste una serie di progetti già approvati, tra cui spiccano gli **esperimenti HL-LHC e di oscillazioni dei neutrini**, per continuare il percorso segnato dai physics driver di precisione ed esplorazione diretta: **devono essere sostenuti e svolgere un ruolo significativo (anche) nella prossima strategy**; al di là del promettente potenziale di fisica, contribuiscono alla crescita della prossima generazione di fisici, i leader dei progetti futuri.

# Conclusioni: la visione a medio e lungo termine

- Tuttavia, è già chiaro che le sfide della fisica delle particelle di oggi richiedono una nuova generazione di esperimenti e una visione a lungo termine.
- Quando si parla di **nuovi progetti, la tecnologia gioca un ruolo importante in ogni decisione**: ci sono progetti la cui progettazione e costruzione potrebbe iniziare essenzialmente ora (ad esempio **un collider  $e^+e^-$  Z/W/Higgs/top**) e altri progetti molto rilevanti che richiedono passi tecnologici significativi, anche se realistici (ad esempio **un collisore pp a 100 TeV o un collisore di muoni**).

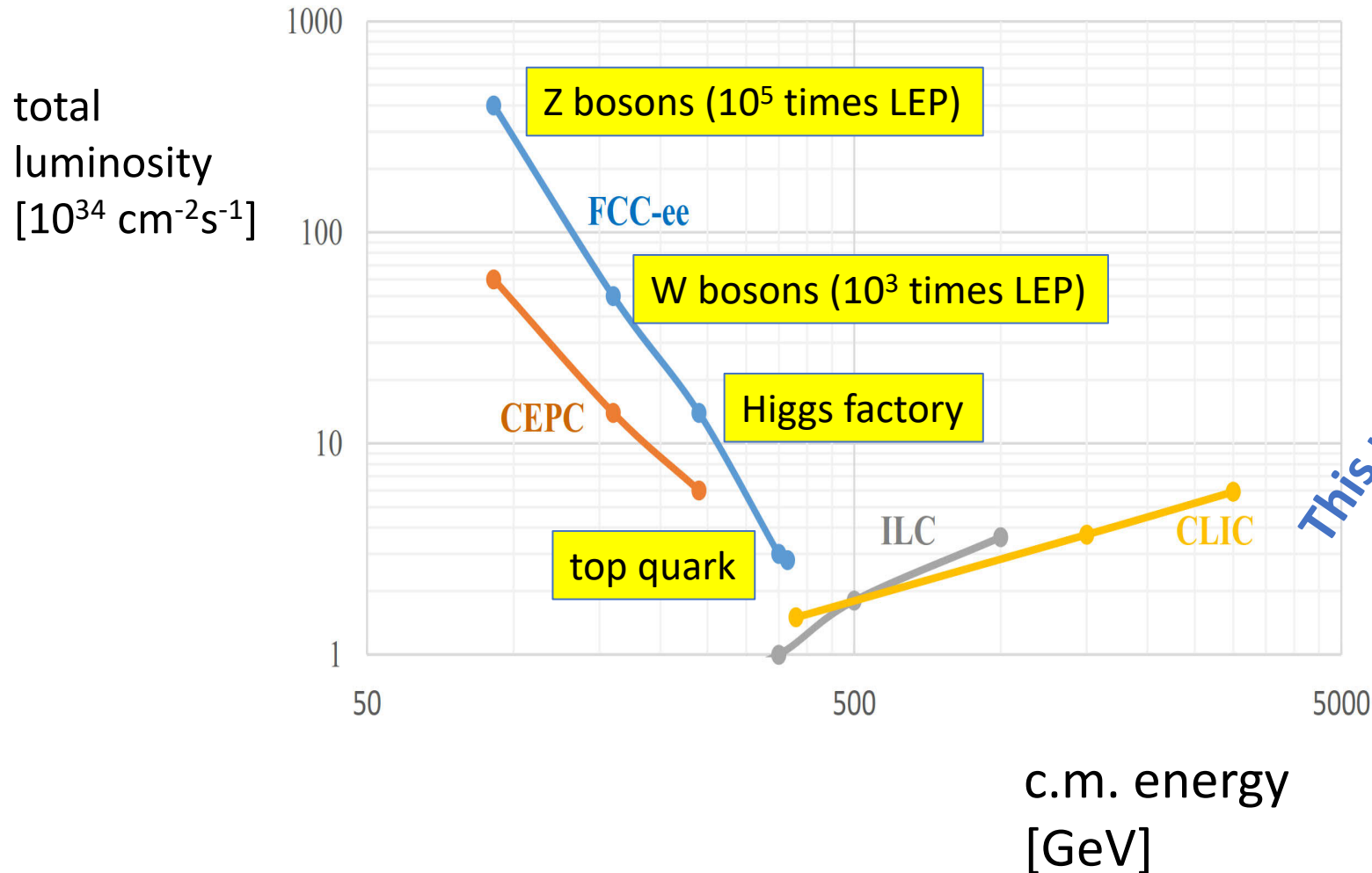
# Conclusioni: la visione a medio e lungo termine

- Il programma integrato FCC-ee + FCC-hh rappresenta la soluzione migliore per rispondere in modo ottimale a un'ampia serie di importanti domande di fisica; la costruzione del tunnel e del collisore e+e- potrebbe iniziare in tempi relativamente brevi, riducendo al minimo il divario tra la fine della fisica di HL-LHC e l'inizio della fisica del successivo progetto di frontiera.
- Una visione europea a lungo termine, che incorpori il progetto FCC e altri futuri progetti ad acceleratori, richiede sforzi dedicati agli studi di fisica, ai rivelatori e alla R&D sugli acceleratori, che l'INFN CSN1 ha già iniziato a sostenere, secondo la roadmap di ECFA (e.g. DRD).

*La CSN1 ha preparato un documento di input alla ESPPU, il draft sarà disponibile sul sito indicò di questo workshop dopo questa presentazione*

Backup slides

# Where nature decided to put stuff (the electroweak playground)



*This plot is not updated, just for illustration*

# Higgs: why precision is required

- Deviation from SM couplings as expected in a few benchmark models →

- Composite Higgs  $\frac{\Delta g_H}{g_H} \cong 6\% \left( \frac{1 \text{ TeV}}{f} \right)^2$   
 $f \approx 246 \text{ GeV}$  [vev, "natural value"]  
 $f \approx O(1 \text{ TeV})$  [LEP bounds, assuming no new physics in loops]

- Top partner  $\frac{\Delta g_{h_{gg}}}{g_{h_{gg}}} \cong 3\% \left( \frac{1 \text{ TeV}}{M} \right)^2$   $M \geq 0.7 \text{ TeV}$

- SUSY ( $\tan\beta \geq 5$ )  $\frac{\Delta g_{h_{bb}}}{g_{h_{bb}}} \cong 1.6\% \left( \frac{1 \text{ TeV}}{m_A} \right)^2$   
 $m_A$  lower bounds depend strongly on  $\tan\beta$

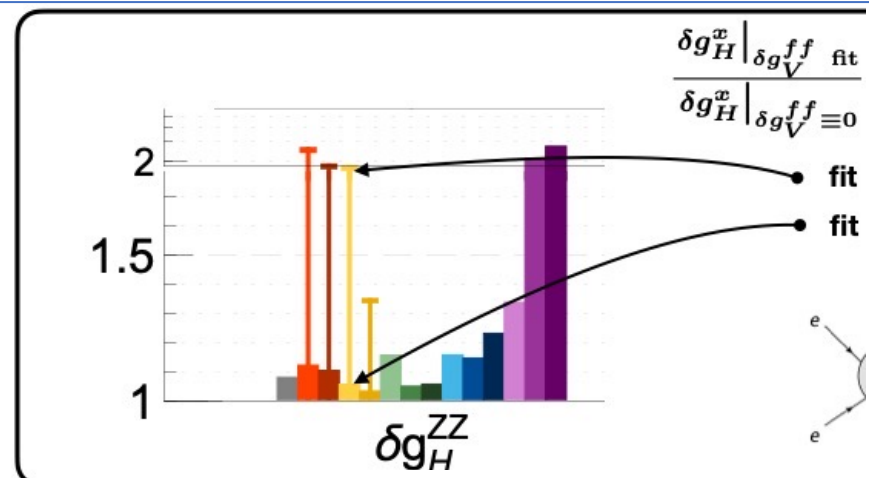
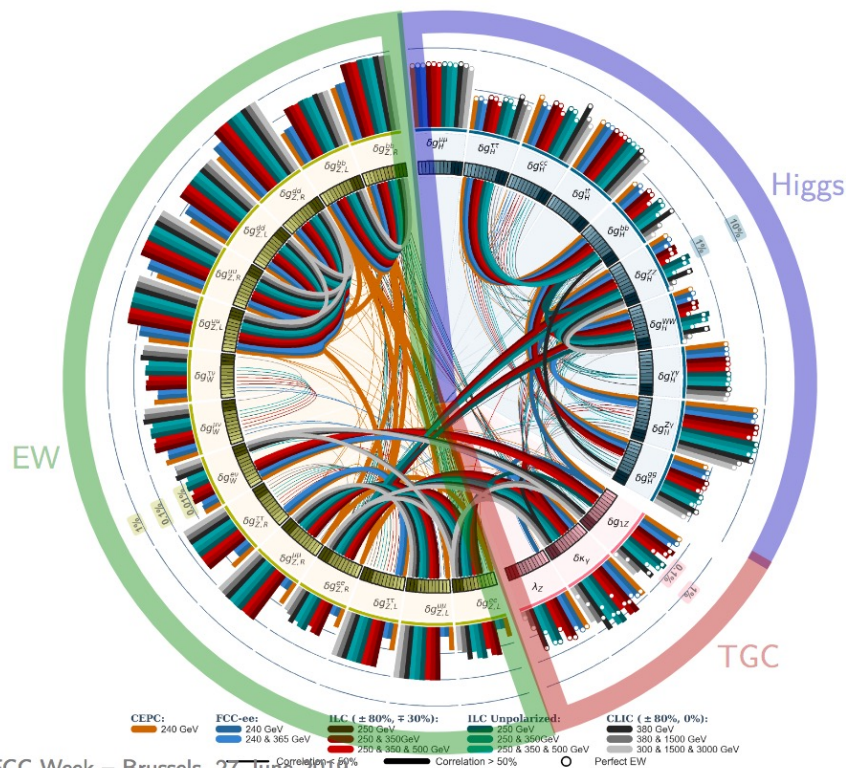


# Beyond Standard Model, Precision Measurements, Discoveries: un robusto programma di ricerca a medio/lungo termine deve affrontare gli aspetti e correlazioni delle misure di precisione e delle ricerche dirette.

Esempio: incertezze Higgs couplings senza e con nuove misure alla Z

Correlazioni tra osservabili Higgs, Z e W a futuri acceleratori

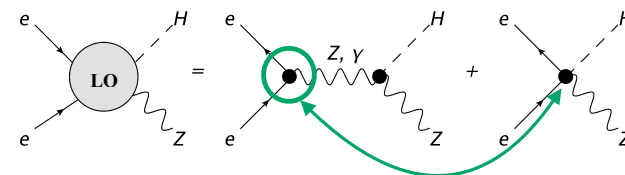
Higgs-TGC / EW correlations



$$\frac{\delta g_H^x |_{\delta g_V^{ff} \text{ fit}}}{\delta g_H^x |_{\delta g_V^{ff} \equiv 0}}$$

- fit assuming **LEP/SLD Z-pole measurements**
- fit including **Future Z-pole measurements**

EW-Higgs SMEFT correlations



# LA FISICA DEL FLAVOUR NEGLI ANNI '30

## Perspectives at Tera-Z: heavy flavours

A tera-Z machine is a powerful **heavy-flavor factory**. For **FCC-ee**:

Particle production ( $10^9$ )	$B^0/\bar{B}^0$	$B^+/B^-$	$B_s^0/\bar{B}_s^0$	$B_c^+/\bar{B}_c^-$	$\Lambda_b/\bar{\Lambda}_b$	$c\bar{c}$	$\tau^+\tau^-$
Belle II	27.5	27.5	n/a	n/a	n/a	65	45
FCC-ee	620	620	150	4	130	600	170

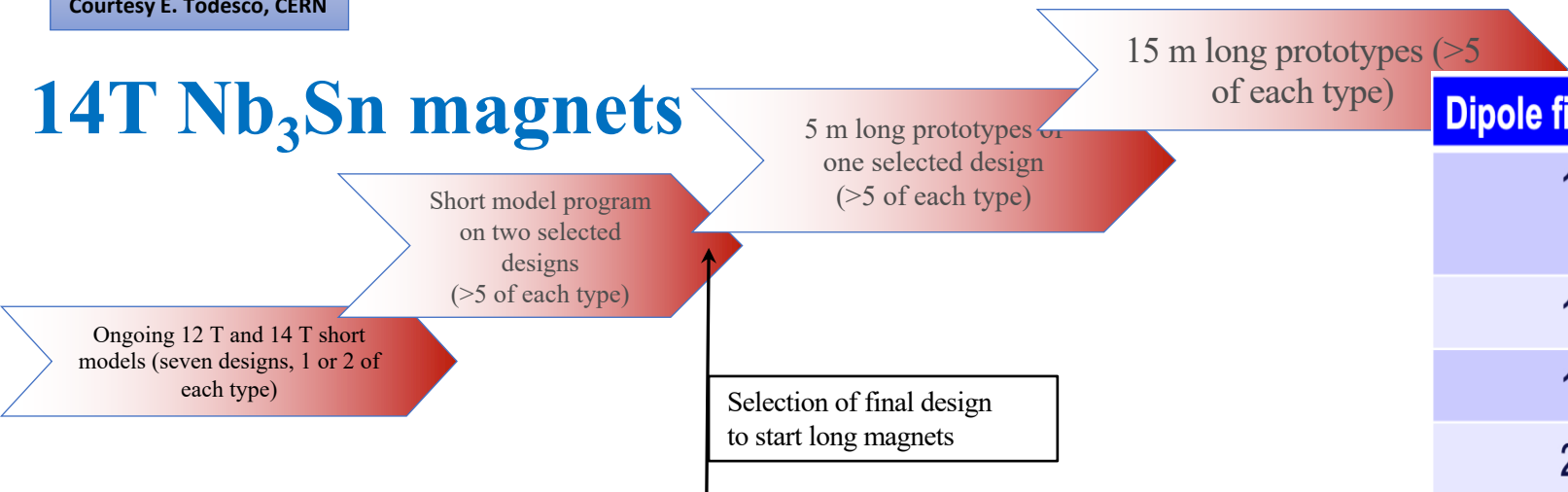
[FCC Snowmass Summary, 2203.06520]

**Clean** environment and **boosted** topologies are **advantages** with respect to Belle II & LHCb, and will allow for major advancement in B & tau physics.

# Timescale e Opzioni per FCC-hh

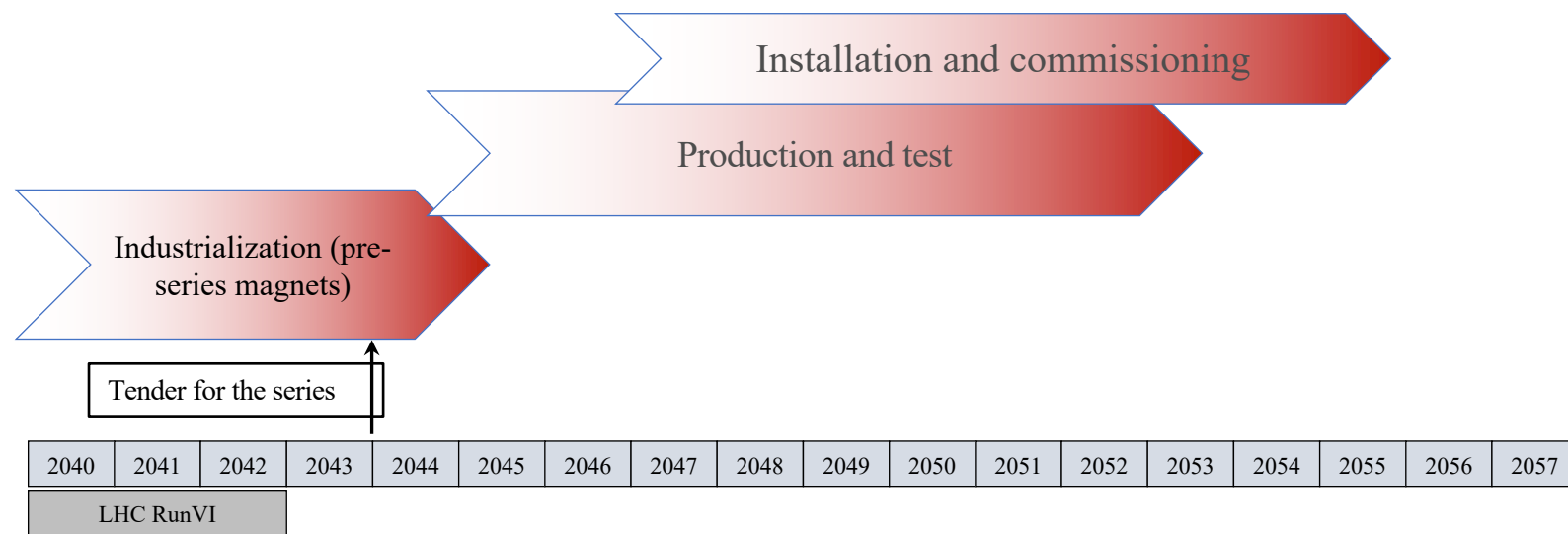
Courtesy E. Todesco, CERN

## 14T Nb<sub>3</sub>Sn magnets



Dipole field [T]	c.m. energy	Comment
12	72	not far above peak field of HL-LHC Nb <sub>3</sub> Sn quadrupoles
14	84	Nb <sub>3</sub> Sn or HTS
17	102	HTS
20	120	HTS

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
LHC RunIII				HL-LHC RunIV								HL-LHC RunV				HL-LHC RunVI	



2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057
LHC RunVI																	

# I temi della ESSP

- **La Fisica** : il panorama attuale della Fisica delle Particelle
  - Quali sono le misure prioritarie, considerando quel che già conosciamo
- **La Tecnologia** : quali acceleratori e detector possiamo costruire
  - Strumenti che siano pronti nell'arco di 15-20 anni, con una visione di largo respiro sugli anni successivi
- **La Geopolitica Scientifica** : mantenere al leadership europea
  - Nella convinzione che le ricadute tecnologiche, educative e culturali superino gli investimenti

# Il report Draghi

1) Page 236



## The CERN success story

The Large Hadron Collider has propelled CERN to global leadership in particle physics – a mantle that has shifted from the US to Europe – and it stands as CERN's flagship facility. One of CERN's most promising current projects, with significant scientific potential, is the construction of the Future Circular Collider (FCC): a 90-km ring designed initially for an electron collider and later for a hadron collider. Chinese authorities are also considering constructing a similar accelerator in China, recognising its scientific potential and its role in advancing cutting-edge technologies. If China were to win this race and its circular collider were to start working before CERN's, Europe would risk losing its leadership in particle physics, potentially jeopardising CERN's future.

2) Page 252

## Invest in world-leading research and technological infrastructure

We have already discussed the remarkable returns from the creation of the European Organization for Nuclear Research (CERN) and emphasised that the future of CERN is at risk due to China's progress in emulating one of CERN's most promising current projects, the Future Circular Collider (FCC). Refinancing CERN and ensuring its continued global leadership in frontier research should be regarded as a top EU priority, given the objective of maintaining European prominence in this critical area of fundamental research, which is expected to generate significant business spillovers in the coming years.