

IDEA per FCC/CEPC

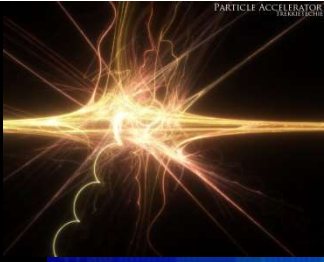
Franco Bedeschi

CSN1

Roma, Marzo 2019

Sommario

- ❖ Eventi passati e futuri
- ❖ Simulazione IDEA
- ❖ R&D rivelatori per IDEA
 - Camera a deriva
 - Calorimetro Dual Readout
 - Camere μ Rwell
- ❖ Sblocchi e richieste



IDEA per FCC/CEPC

Franco Bedeschi

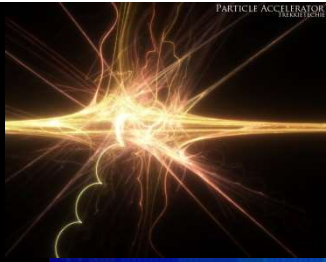
CSN1

Roma, Marzo 2019

Sommario

- ❖ Eventi passati e futuri
- ❖ Simulazione IDEA
- ❖ R&D rivelatori per IDEA
 - Camera a deriva
 - Calorimetro Dual Readout
 - Camere μ Rwell
- ❖ Sblocchi e richieste

Segue talk su
IDEA Test Beam
R. Santoro



Eventi Gen - Giu 2019

8-11 Gen: 11th FCC-ee workshop – CERN

<https://indico.cern.ch/event/766859/>

17-18 Gen: IAS Program on HEP, Hong Kong

Mini-Workshop: Experiment / Detector -Tracking
and Calorimetry at Colliders

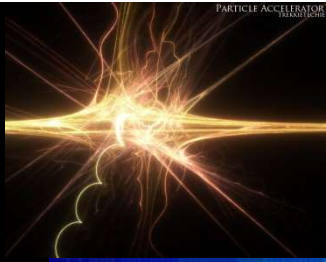
<http://iasprogram.ust.hk/hep/2019/>

[workshop_cc.php](http://iasprogram.ust.hk/hep/2019/workshop_cc.php)

21-24 Gen: IAS Program on HEP, Hong Kong

Conference

<http://iasprogram.ust.hk/hep/2019/conf.php>



Eventi Gen - Giu 2019



8-11 Gen: 11th FCC-ee workshop – CERN

<https://indico.cern.ch/event/766859/>

17-18 Gen: IAS Program on HEP, Hong Kong

Mini-Workshop: Experiment / Detector -Tracking
and Calorimetry at Colliders

[http://iasprogram.ust.hk/hep/2019/
workshop_cc.php](http://iasprogram.ust.hk/hep/2019/workshop_cc.php)

21-24 Gen: IAS Program on HEP, Hong Kong

Conference

<http://iasprogram.ust.hk/hep/2019/conf.php>

18-20 Feb: I2FEST2019 – IHEP-INFN Future
Experiments seek Smart Technologies,

Workshop, Turin, Italy

<http://i2fest2019.infn.it/>

18-22 Feb: VCI: 15th Vienna Conference on
Instrumentation, Vienna, Austria

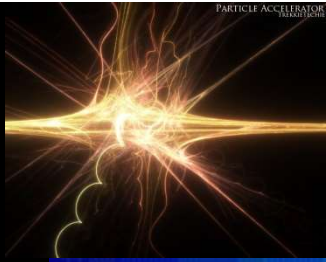
<https://vci2019.hephy.at/home/>

4- 5 Mar: Physics at FCC: overview of the
Conceptual Design Report, CERN

<https://indico.cern.ch/event/789349/>

11-14 Mar: Topical Workshop on the CEPC
Calorimetry, IHEP, Beijing

<https://indico.ihep.ac.cn/event/9195/overview>



Eventi Gen - Giu 2019



8-11 Gen: 11th FCC-ee workshop – CERN

<https://indico.cern.ch/event/766859/>

17-18 Gen: IAS Program on HEP, Hong Kong

Mini-Workshop: Experiment / Detector -Tracking
and Calorimetry at Colliders

[http://iasprogram.ust.hk/hep/2019/
workshop_cc.php](http://iasprogram.ust.hk/hep/2019/workshop_cc.php)

21-24 Gen: IAS Program on HEP, Hong Kong
Conference

<http://iasprogram.ust.hk/hep/2019/conf.php>

18-20 Feb: I2FEST2019 – IHEP-INFN Future
Experiments seek Smart Technologies,

Workshop, Turin, Italy

<http://i2fest2019.infn.it/>

18-22 Feb: VCI: 15th Vienna Conference on
Instrumentation, Vienna, Austria

<https://vci2019.hephy.at/home/>

4- 5 Mar: Physics at FCC: overview of the
Conceptual Design Report, CERN

<https://indico.cern.ch/event/789349/>

11-14 Mar: Topical Workshop on the CEPC
Calorimetry, IHEP, Beijing

<https://indico.ihep.ac.cn/event/9195/overview>

15-17 Apr: Workshop on the Circular Electron-
Positron Collider, EU Edition 2019, Oxford, UK

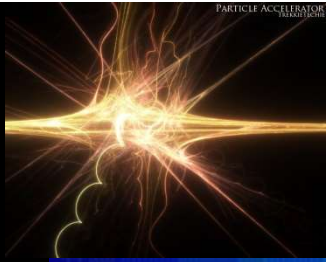
[https://www.physics.ox.ac.uk/confs/CEPC2019/
index.asp](https://www.physics.ox.ac.uk/confs/CEPC2019/index.asp)

13-16 May: CERN Council Open Symposium
on the Update of European Strategy for Particle
Physics, Granada, Spain

<https://cafpe.ugr.es/eppsu2019/>

24-28 Jun: FCC week 2019, Brussels, Belgium

<https://indico.cern.ch/event/727555/>

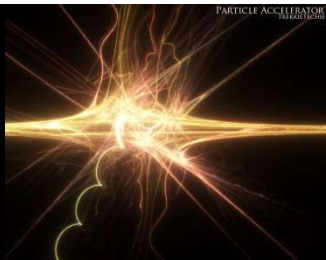


I2FEST2019



❖ Molto bello – discussione globale con CERN, INFN e cinesi

| | | 18 Feb 2019 |
|----|-------|--|
| AM | 09:00 | Welcome (Aula Magna) |
| | 09:20 | IHEP vision - Yifang Wang (Institute of High Energy Physics) (Aula Magna) |
| | 09:40 | INFN vision - Fernando Ferroni (ROMA1) (Aula Magna) |
| | 10:00 | The theory vision - micelangelo mangano (cern) (Aula Magna) |
| | 10:30 | --- Coffee/tea break --- |
| | 11:00 | Technology and physics in space - Roberto Battiston (TIFP) (Aula Magna) |
| | 11:30 | Discussion (Aula Magna) |
| | 11:40 | pp future machine physics and requirements on detectors - Michele Selvaggi (Aula Magna) |
| PM | 12:00 | ee future machine physics and requirements on detectors - Joao Guimaraes da Costa (Aula Magna) |
| | 12:20 | Search for New Physics at the intensity frontier: the Physics Beyond Colliders activity at CERN - Gaia Lanfranchi (LNF) (Aula Magna) |
| | 12:40 | Discussion (Aula Magna) |
| | 13:00 | --- LUNCH --- |
| | 14:15 | pp accelerator challenges and new technologies (magnets et al.) - Lucio Rossi (CERN - via video) (Aula Magna) |
| | 14:40 | ee accelerator challenges and new technologies (RF et al.) - Jie Gao (Aula Magna) |
| | 15:05 | Computing challenges and new technologies - Xiaomei Zhang (Aula Magna) |
| | 15:30 | Computing strategies for HL-LHC and beyond - Tommaso Boccali (PI) (Aula Magna) |
| | 15:55 | Round table - Xinchou Lou , Joao Guimaraes da Costa , Lucio Rossi , Roberto Battiston , Walter Cugno , Carlo Pagani (Aula Magna) |
| | 17:45 | OUTREACH EVENT - Fernando Ferroni - Yifang Wang (until 20:00) (Aula Magna) |



Vienna 18-22 Feb

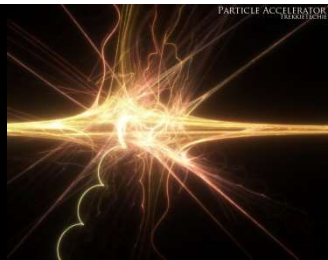
❖ VCI talks:

- G. Bencivenni: High space resolution μ -RWELL for high rate applications
- M. Antonello: A SiPM-based dual-readout calorimeter for future leptonic colliders
- L. Pezzotti: Dual-readout calorimetry, an integrated high-resolution solution for energy measurements at future electron-positron colliders

❖ VCI posters:

- E. Borgonovi: First test beam results obtained with IDEA, a detector concept designed for future lepton colliders





Topical workshop on the CepC Calorimetry



❖ Molta discussione su calorimetria DR

- Risoluzione del PF considerate scadenti ...
- Rappresentati da Bob Ferrari e colleghi coreani
- Paolo Giacomelli presentazione in video

Wednesday, March 13, 2019

09:00 - 10:30

Dual-Readout Calorimetry: Session 1

Convener: Prof. Tianchi Zhao (University of Washington)

09:00 **Dual-readout Calorimetry: an overview 40'**

Speakers: Prof. Hwi Dong YOO (Seoul National University), Prof. Sehwook Lee (Kyungpook National University)

Material: [Slides](#)

09:40 **Discussion on the dual-readout calorimetry for CEPC: new ideas, open issues, technical challenges 50'**

10:30 - 11:00

Tea/coffee Break

refreshment

11:00 - 12:30

Dual-Readout Calorimetry: Session 2

Convener: Prof. Tianchi Zhao (University of Washington)

11:00 **Dual-Readout Calorimetry: R&D progress, technical challenges for CEPC 40'**

Speaker: Roberto Ferrari (INFN)

Material: [Slides](#)

11:40 **Discussion on the dual-readout calorimetry for CEPC: new ideas, open issues, technical challenges 50'**

Topical workshop on the CepC Calorimetry

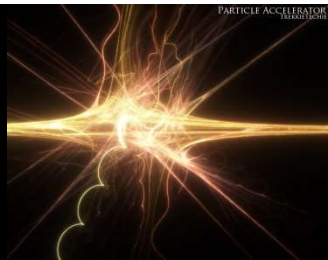
❖ Molta discussione su calorimetria DR



Topical workshop on the CepC Calorimetry

❖ Molta discussione su calorimetria DR





Topical workshop on the CepC Calorimetry



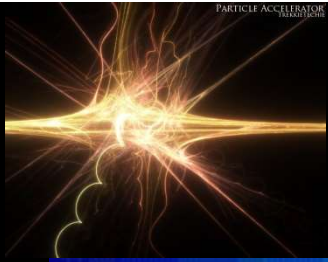
❖ Molta discussione su calorimetria DR

- Risoluzione del PF considerate scadenti
- Rappresentati da Bob Ferrari
- Paolo Giacomelli presentazioni

Wednesday, March 13, 2019

| | |
|---------------|--|
| 09:00 - 10:30 | Dual-Readout Calorimetry: Session 1 Convener: Prof. Tianchi Zhao (University of Washington) |
| 09:00 | Dual-readout Calorimetry: an overview 40' Speakers: Prof. Hwi Dong YOO (Seoul National University) Material: Slides |
| 09:40 | Discussion on the dual-readout calorimetry technical challenges 50' |
| 10:30 - 11:00 | Tea/coffee Break <i>refreshment</i> |
| 11:00 - 12:30 | Dual-Readout Calorimetry: Session 2 Convener: Prof. Tianchi Zhao (University of Washington) |
| 11:00 | Dual-Readout Calorimetry: R&D progress 40' Speaker: Roberto Ferrari (INFN) Material: Slides |
| 11:40 | Discussion on the dual-readout calorimetry technical challenges 50' |





ILC news (7 marzo 2019)

❖ Ma quante volte ce lo dovranno ripetere?

symmetry

topics ▼

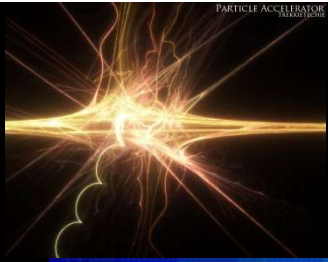
follow +



Japan defers ILC decision

03/07/19 | By Kathryn Jepsen

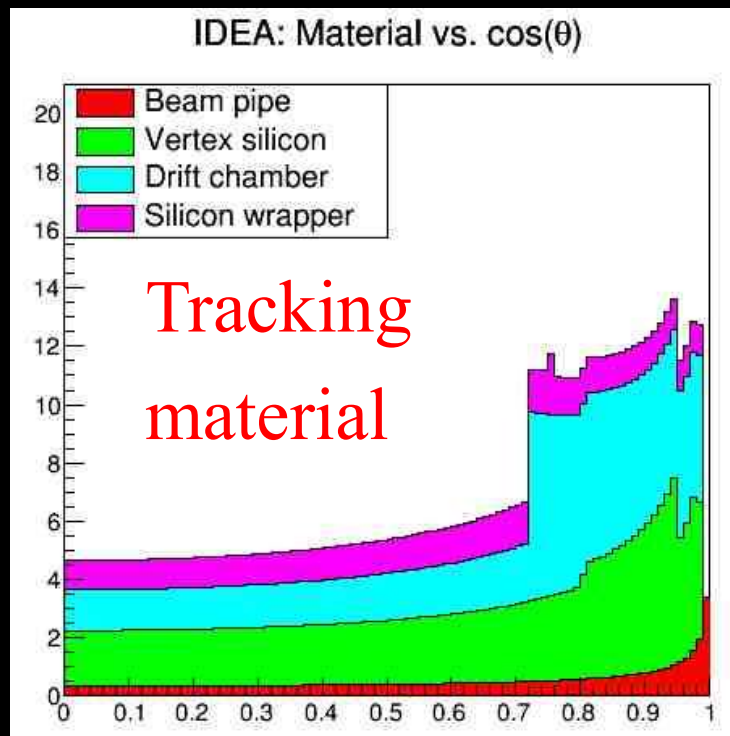
In their latest meeting with scientists, the Japanese government declined to stake a claim to hosting the ILC.

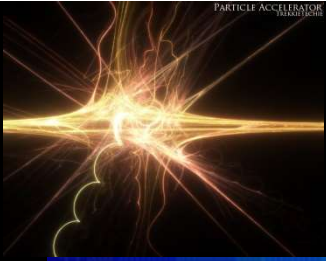


Simulation of IDEA

❖ Cresce lo sforzo

- A Bologna (Sergio Lo Meo – Ric. ENEA - CMS)
- A Pisa (Monica Verducci – Ric. UniPisa - ATLAS)

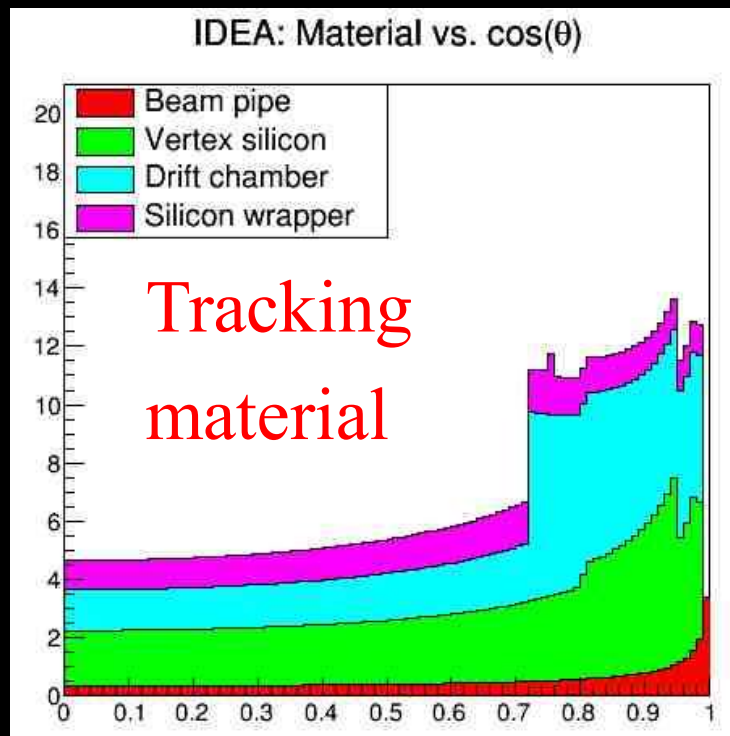




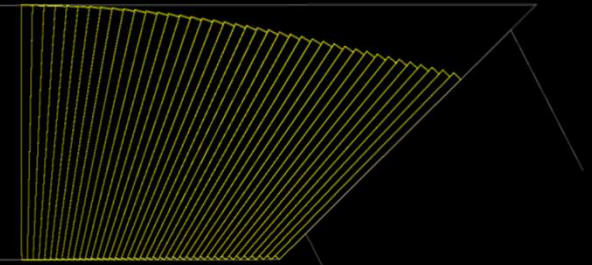
Simulation of IDEA

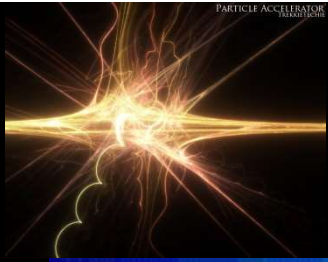
❖ Cresce lo sforzo

- A Bologna (Sergio Lo Meo – Ric. ENEA - CMS)
- A Pisa (Monica Verducci – Ric. UniPisa - ATLAS)



Geant4
calorimeter

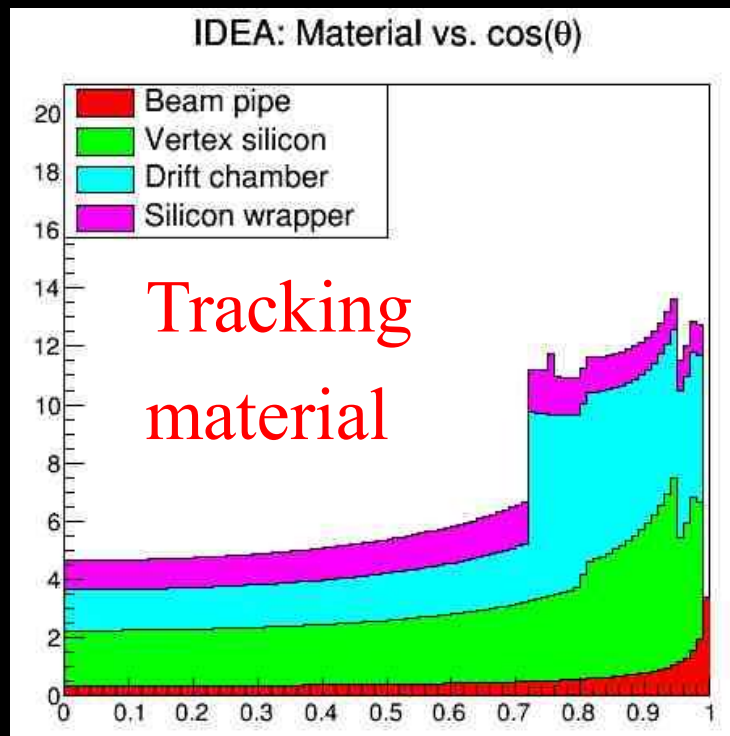




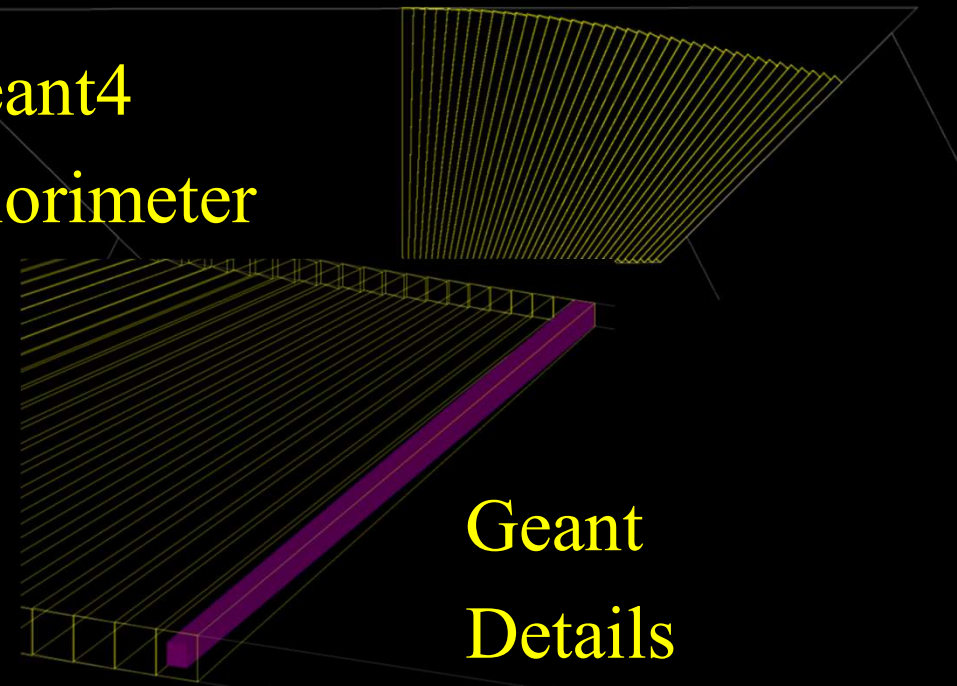
Simulation of IDEA

❖ Cresce lo sforzo

- A Bologna (Sergio Lo Meo – Ric. ENEA - CMS)
- A Pisa (Monica Verducci – Ric. UniPisa - ATLAS)



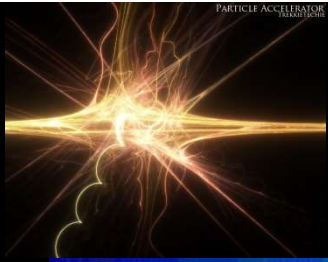
Geant4
calorimeter



Geant
Details

L. Pezzotti

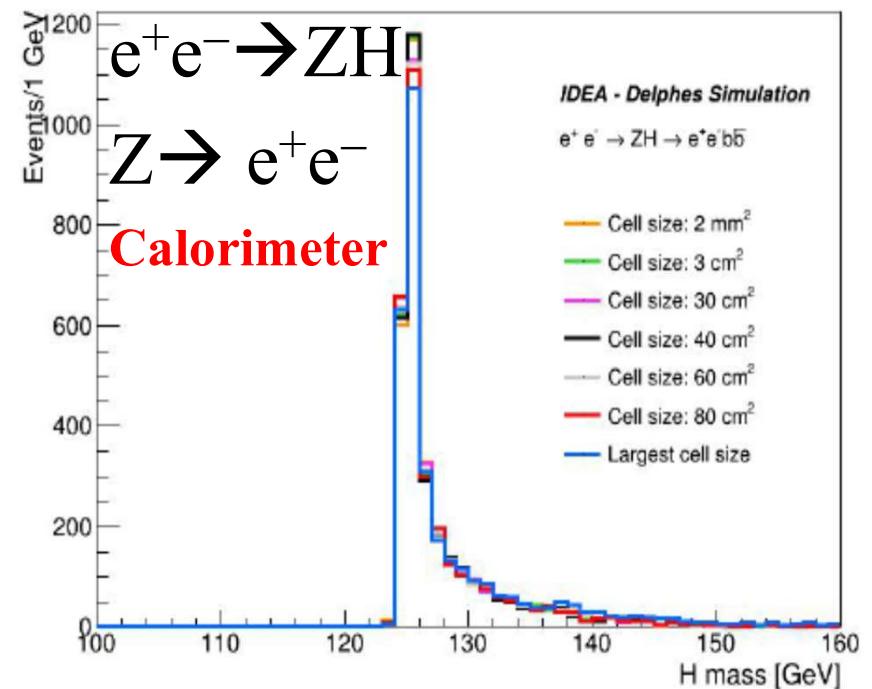
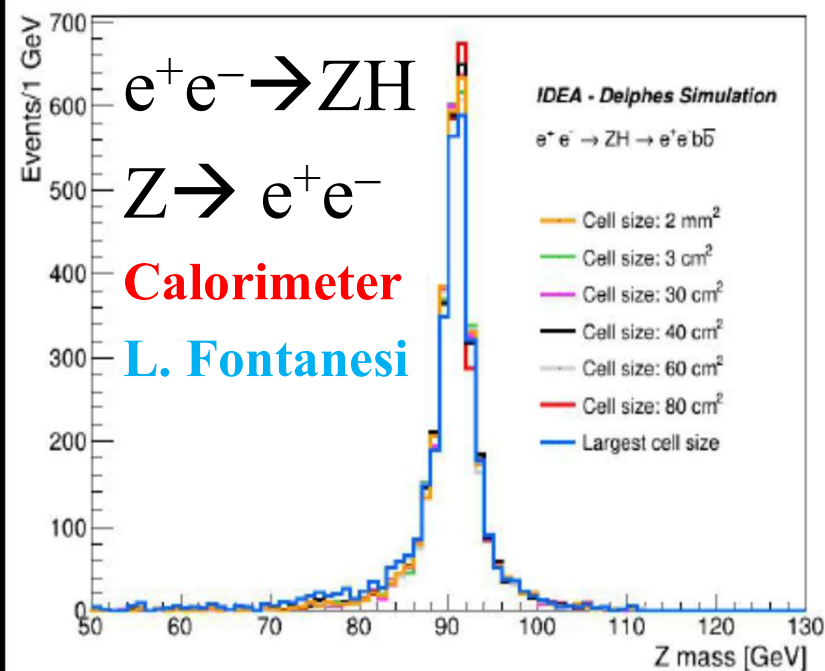
F. Bedeschi, INFN-Pisa

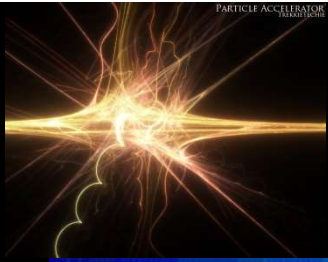


Simulation of IDEA

❖ Cresce lo sforzo

- A Bologna (Sergio Lo Meo – Ric. ENEA - CMS)
- A Pisa (Monica Verducci – Ric. UniPisa - ATLAS)

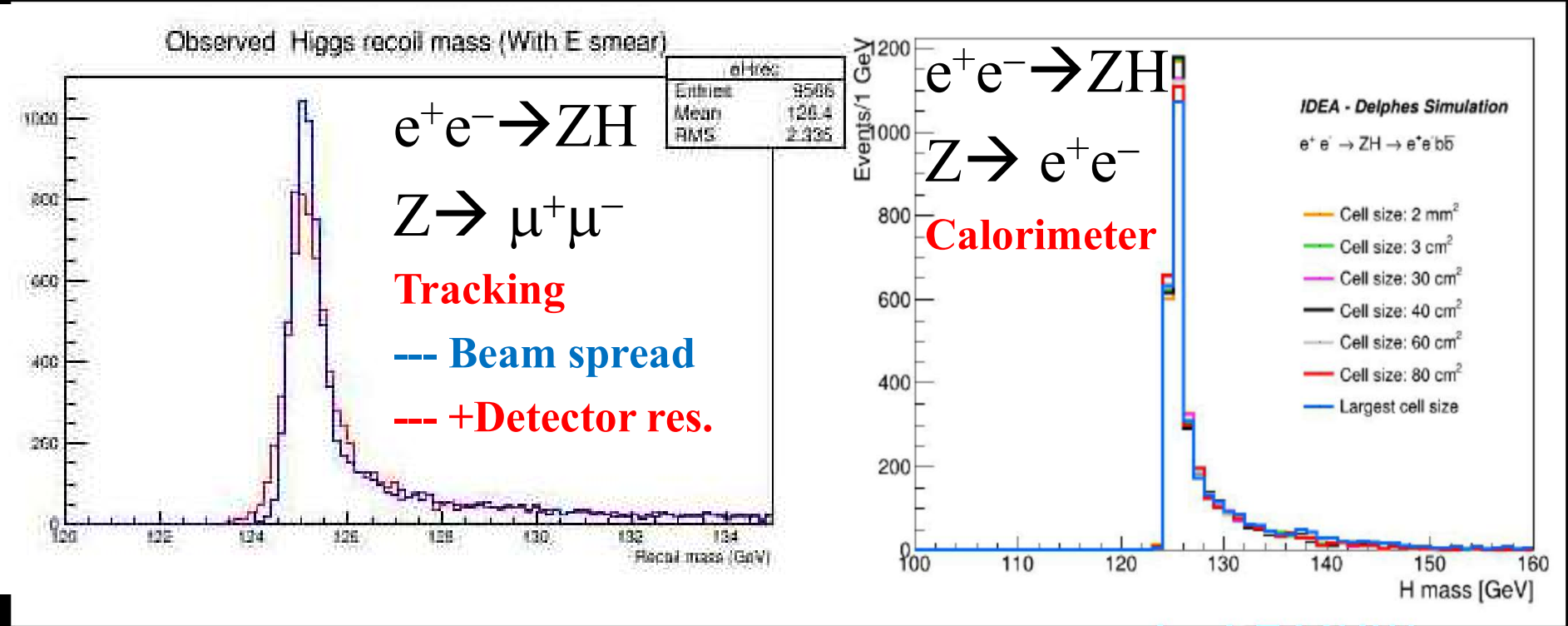


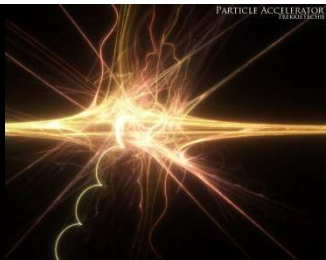


Simulation of IDEA

❖ Cresce lo sforzo

- A Bologna (Sergio Lo Meo – Ric. ENEA - CMS)
- A Pisa (Monica Verducci – Ric. UniPisa - ATLAS)





Fondi esterni

❖ CREMLIN+ (JINR, BINP, DESY, GSI/FAIR, INFN, Università):

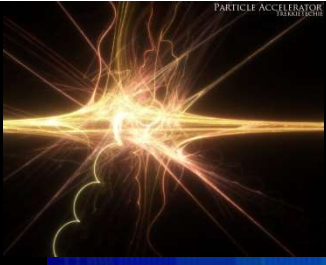
- LE, BA con il BINP di Novosibirsk collaborano sulla costruzione di un prototipo di camera a drift per la Super Tau-Charm factory. 365 k€ (LE + BA)
 - Questa camera e' una versione riscalata di quella per FCC/CepC.
- FE, LNF e BINP collaborano su una camera cilindrica a μ Rell. 365 k€ (FE + LNF)

❖ ATTRACT: ~ 100 k€

- Progetto per la realizzazione di un rivelatore di neutroni con μ Rwell
- BO, FE, LNF con l'Università di Lund e le ditte TECHTRA ed ELTOS
- RISE 2019: call in preparazione (BO, FE, TO, LNF,)
 - μ Rwell per FCC e CEPC

❖ NSF Grant "AccelNet: Future Research Software for HEP"

- Sviluppo di software per HL-LHC, FCC, CepC
- Partecipanti italiani INFN: BA, BO, FE, LE, MI, PD, PI, PV con l'endorsement della CSN1 e della responsabile del calcolo scientifico



R&D e richieste: DCH

❖ Drift Chamber:

➤ Evoluzione collaborazione con INFN-LE:

■ Politecnico TO:

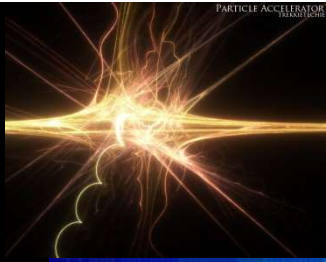
- G. Zavarise (PO)

■ Bari:

- N. De Filippis (PA), R. Aly (Dott.), A. Taliercio (L.), F. Cuna (L.)
- Potenziale di crescita: 2 Dott. + PO

■ BINP:

- Fisici senior: F.V. Ignatov, I.B. Logashenko, A.S. Popov
- Dottorandi: S.S. Griбанov, E.A. Kozyrev



R&D e richieste: DCH

➤ Programma di lavoro:

■ Software:

- **Ottimizzazione geometria con simulazione** → In corso
 - risoluzione (momento e angolari) di singola traccia
 - double track separation
 - efficienza e risoluzione di tracce in jets
 - particle identification
- **Algoritmi di track finding e track fitting** → In corso
- **Analisi dati test beam/lab test** → In corso

■ Hardware:

- **Test prototipo** → In corso
- **Valutazione gas eco e non-esplosivi** → In sospeso
- **Sviluppo fili in Ti, Mb, C e SiC** → Iniziato con BINP
 - Metallizzazioni a BINP → Italia
- **Sviluppo elettronica intelligente di FE** → Iniziato

Wire length problem

Electrostatic stability condition

$$T > \frac{C^2 V_0^2 L^2}{4\pi\epsilon w^2}$$

T = wire tension
 C = capacitance per unit length
 V_0 = anode-cathode voltage
 L = wire length, w = cell width

IDEA Drift Chamber: $C = 10$ pF/m, $V_0 = 1500$ V, $L = 4.0$ m, $w = 1.0$ cm
 $T > 0.32$ N

- 20 μm W sense wire (Y.S. ≈ 1200 MPa): $T_{max} = 0.38$ N (marginal)
- 40 μm Al field wire (Y.S. ≈ 300 MPa): $T_{max} = 0.38$ N (marginal)
 - => shorten chamber (loss of acceptance) ("transverse chamber"?)
 - => increase cell size (increase occupancy)
 - => increase wire diameter (increase multiple scattering)

or,

=> replace 40 μm Al with **Titanium** (Y.S. ≈ 550 MPa): $T_{max} = 0.70$ N
 but Ti G5 (90%Ti-6%Al-4%V) hard to draw in such sizes ("galling")
 => replace 20 μm W and 40 μm Al with **35 μm Carbon monofilament**
 (Y.S. > 860 MPa): $T_{max} > 0.83$ N

New wire material: Carbon

SPECIALTY MATERIALS, INC.

Manufacturers of Boron and SCS Silicon Carbide Fibers and Boron Nanopowder

CARBON MONOFILAMENT



TYPICAL PROPERTIES

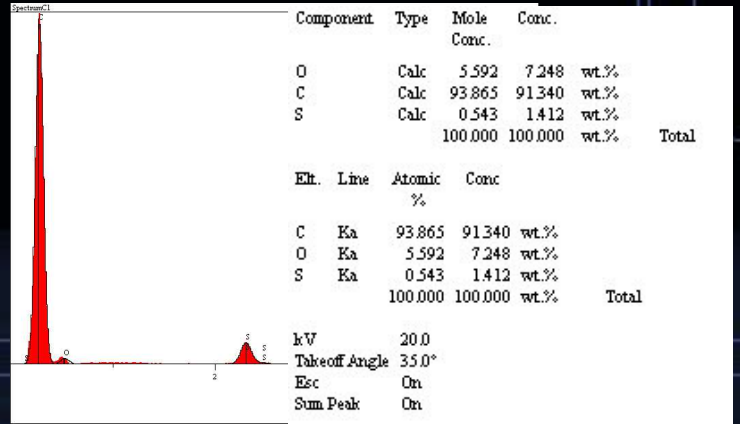
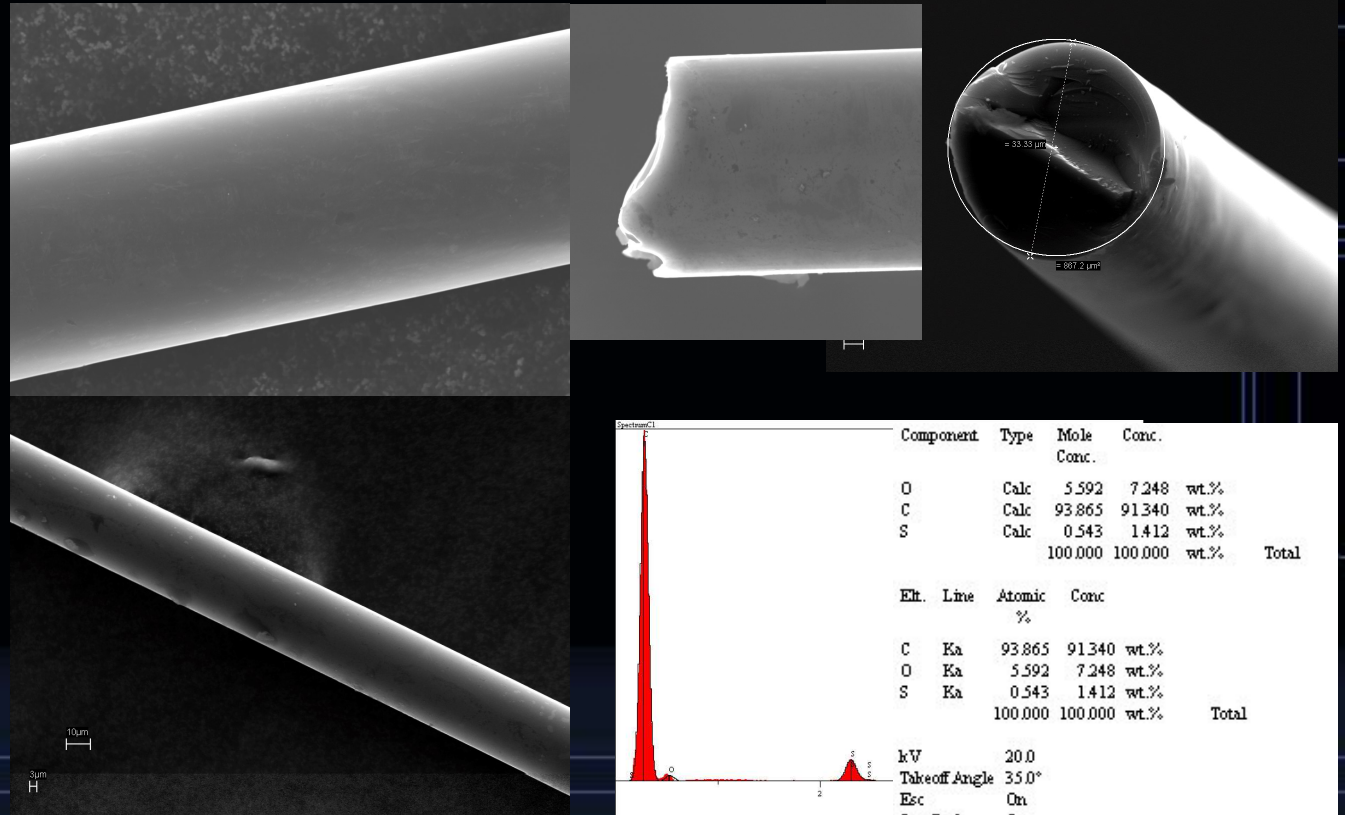
Diameter: 0.00136 +/- 0.0001" (34.5 +/- 2.5 μm)
Tensile Strength: 125 ksi (0.86 GPa)
Tensile Modulus: 6 msi (41.5 GPa)
Electrical Resistivity: 3.6×10^{-3} ohm cm
Density: 1.8 g/cc

Specialty Materials, Inc.
 1449 Middlesex Street
 Lowell, Massachusetts 01851

CARBON MONOFILAMENT PRODUCT PRICE LIST
Effective October 1, 2017

| Product | Quantity | Price/LF |
|---------------------|--------------|----------|
| CARBON MONOFILAMENT | 1 Million LF | \$0.02 |
| | 500,000 LF | \$0.03 |
| | 1,000 LF | \$0.93 |

Phone: 978-322-1900
 Fax: 978-322-1970

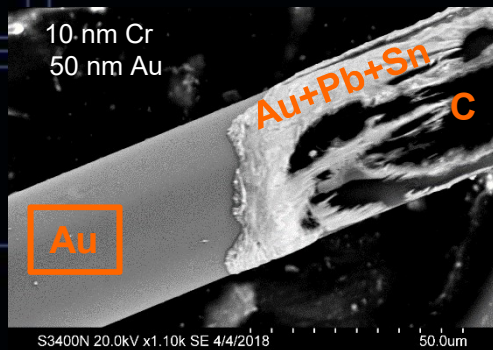


C wire metal coating

HiPIMS: High-power impulse magnetron sputtering

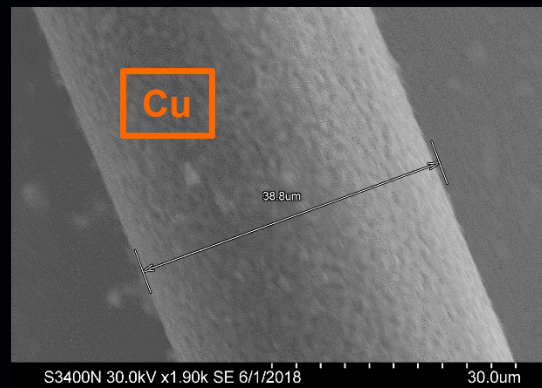
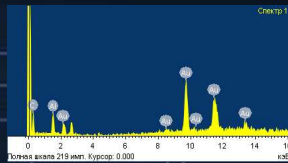
BINP
A. Popov
V. Logashenko

physical vapor deposition (PVD) of thin films based on magnetron sputter deposition (extremely high power densities of the order of kW/cm² in short pulses of tens of microseconds at low duty cycle <10%)

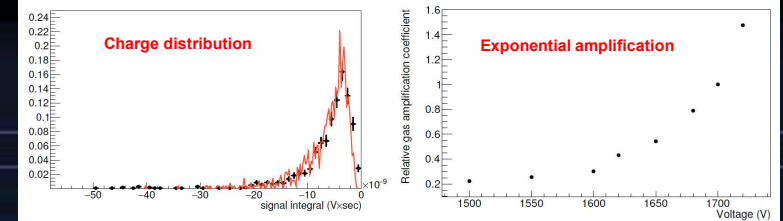
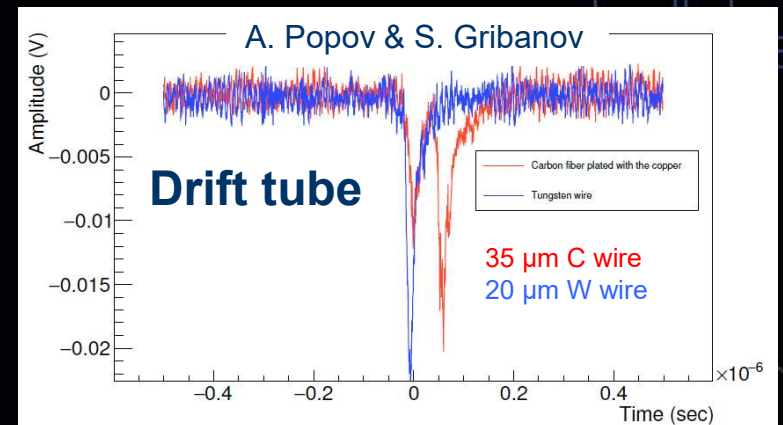
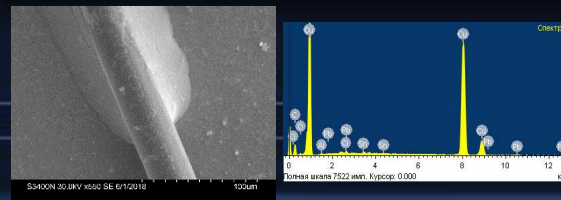


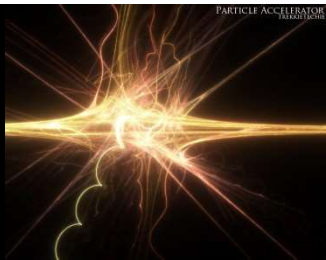
soldering attempt

Lead forms intermetallic compound with gold and completely dissolves the 50 nm Au layer.



good solder wettability on Cu

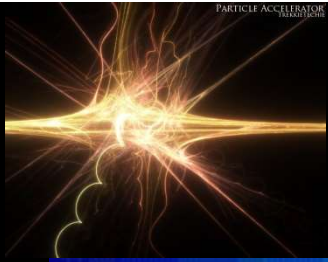




R&D e richieste: DCH

❖ Richieste:

- R&D su gas: 3 k€ per acquisto gas e riduttori
- R&D fili: 3 k€ per materiale (quantita' minime) e metallizzazioni
- R&D elettronica: 5.4 k€ (2 k€ gia' finanziati) costi da catalogo
 - ADC evaluation board: 1.9 k€
 - FPGA evaluation board: 3.5 k€
 - Serve integrazione di 3.5 k€
- Totale finanziamenti aggiuntivi
 - 3 k€ (gas) + 3 k€ (fili) + 3.5 k€ (elettr.) = **9.5 k€**

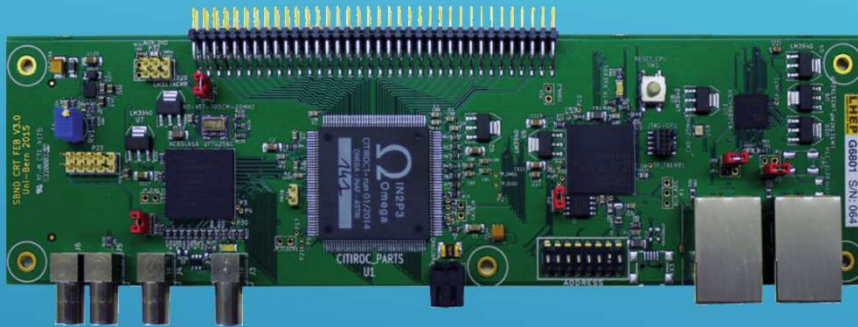


R&D e richieste: DR calo

❖ Programma di lavoro:

- Inserimento simulazione IDEA in GEANT → In corso
- Analisi test beam data → In corso
- Studio dell'ASIC che sta dietro ai SiPM → In corso
 - Acquisita evaluation board (in visione da CAEN)
 - Utile per cominciare a capire, ma insoddisfacente, aspettiamo a momenti nuova versione piu' performante.
- Studio di nuovi SiPM ad alta densita' → In attesa offerte
 - (5 um ADVANSID, 10 um Hammamatsu)
 - Bastano pochi pezzi poi si decidera' per le matrici in seguito
- Meccanica matrici metalliche → In corso
 - Consultate ditte. Varie soluzioni proposte con alti costi di startup.
 - Piccolo investimento per valutare la fattibilita' di alcune soluzioni.

Come pianificato, abbiamo iniziato ad imparare ad usare l'ASIC CITIROC, prodotto da WEEROC ed integrato in una scheda di controllo e lettura da CAEN, licenziataria dei chip:



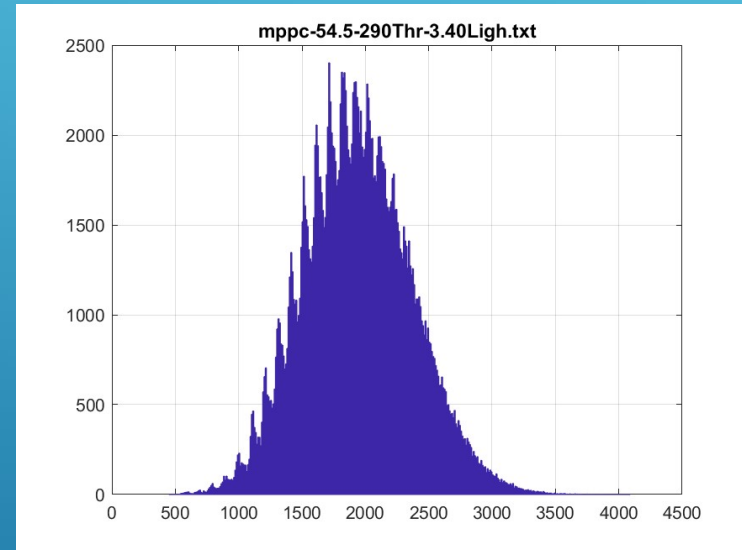
A1702 - Front-End Board.

Bella per imparare ed anche conveniente (circa 4300 EUR per 2 schede, IVA inclusa) ma con alcune limitazioni irriducibili; ad esempio:

- Il canale a basso guadagno ed alta dinamica (2500 fotoelettroni) non è accessibile;
- il trigger esterno non è abilitato (a meno che non si sacrifichi uno dei canali di input)

➔ Per completare il programma, serve altro

Abbiamo avuto una scheda DT5702 (32 canali) in "conto visione" da CAEN per Natale ed abbiamo imparato ad usarla:



Multi-photon spectrum ottenuto collegando un sensore ad uno dei canali

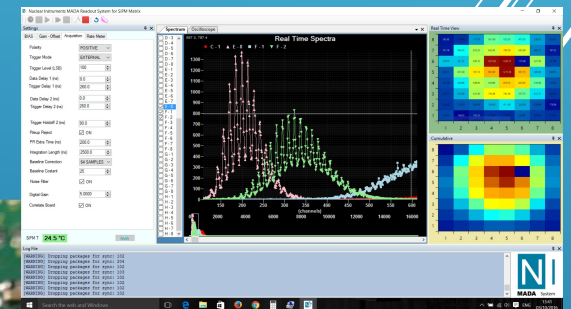
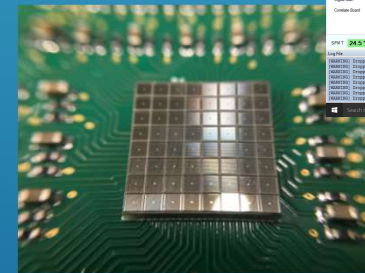


DT5550W, che garantisce la massima flessibilità di utilizzo del chip, con accesso a tutti i parametri. Inoltre:

- Digitalizzazione basata su un campionatore 80 MSps, 14 bit
- Può essere equipaggiata con 1-4 board che ospitano l'ASIC (max 128 canali)
- Il programma di acquisizione può essere «customizzato» programmando la FPGA con lo SCiCompiler e non richiedendo VHDL
- Il costo è comunque ragionevole: 6270 EUR (IVA inclusa) per il sistema a 64 canali
- Scheda interfaccia con matrici SiPM ~2000 EUR
- Consistente (**appena!**) con assegnazione

PROGRAMMA di LAVORO CONFERMATO, i.e. imparare ad usare al meglio l'ASIC utilizzando le matrici già disponibili, interfacciate tramite un cavo di adattamento alla nuova scheda, utilizzando un LED ultraveloce (in dotazione), scintillatori e sorgenti radioattive.

Studio altri tipo di SiPM a desita' superiore

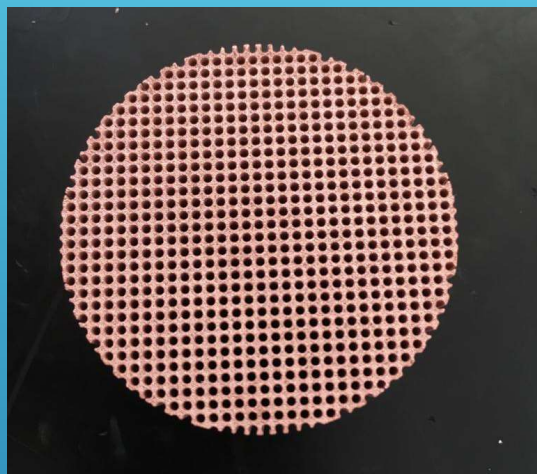


Meccanica; valutate diverse opzioni, interagendo con HYLLUS s.a.s. (<https://www.hyllus.it>). Alcune opzioni:

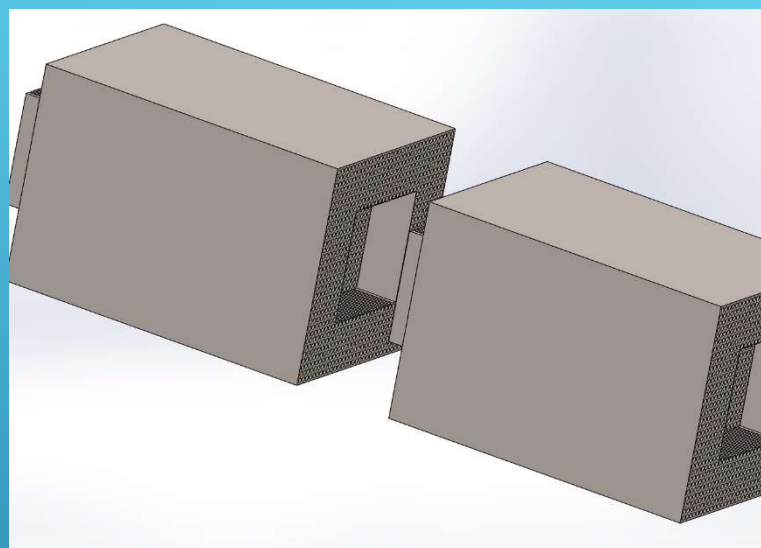
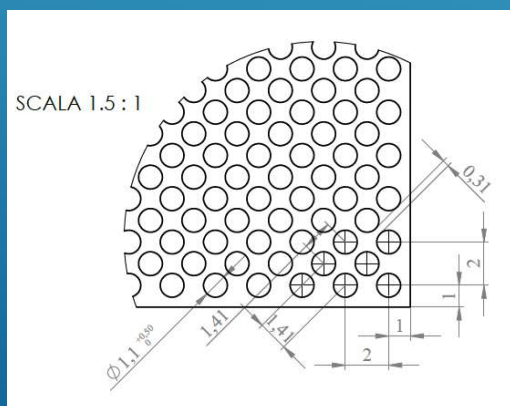
- **Stampa di elementi forati**, con placchette dello spessore dell'ordine di 5 mm, allineate ed assemblate. Fattibilità verificata con EUROTRANCIATURA (<https://euro-group.it/eurotranciatura/>): fattibile ma costi non ricorsivi elevati per la necessità di «fondere» uno stampo dedicato
- **Microfusione**: da valutare ma, ancora una volta, richiede uno stampo dedicato
- **Utilizzo di «rulli» dedicati** in una rotolatrice/bordatrice (à la KLOE)

Programma:

- Riesumere la macchina utilizzata per KLOE e rianalizzarla criticamente
- Realizzare a fresa una serie di placchette e studiare questioni di allineamento di fori & fibre
- Realizzare con stampa 3D piccoli prototipi per test allineamento di fori e fibre



Primo test:
cilindro di 45 mm di raggio
e 15 mm di altezza



Prossimo step:
costruire due campioni a sezione quadrata 50x50
mm², lunghezza 75 mm, con musone di
allineamento.

- Test in rame
- Test in acciaio
- Verifica della qualità dei moduli,
dell'allineamento e della filatura

Macchina per stampa in rame:

<https://www.sisma.com/prodotti/mysint100/>

Donato Orlandi, presso il suo laboratorio ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso.
Le precisioni raggiungibili sono dell'ordine dei 4-5 μm .

Materiale:

oltre ai costi di funzionamento della macchina (corrente elettrica) e gas (Ar/N) si ha il costo del materiale, nel caso del Rame circa **150/170 €/Kg + IVA**

Tempi:

per il campione fatto **10h**

Modulo:

Posibilita' di costruire un modulo costituito dalla connessione di 5 pezzi da 400 mm ciascuno. Ogni pezzo viene stampato con spine (maschio su un lato/femmina sull'altro)

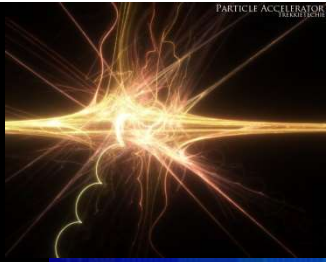
Prossime attivita':

- 1) qualificare il campione fatto, in termini di qualità dei fori, regolarità della matrice, etc
- 2) costruire due campioni a sezione quadrata $50 \times 50 \text{ mm}^2$, lunghezza 75 mm, con le spine

Ciascun modulo pesa circa 1.3 kg, per un costo di circa 200€ per modulo

Donato potrebbe stampare i moduli, anticipando il materiale, che poi dovremmo ricomprare

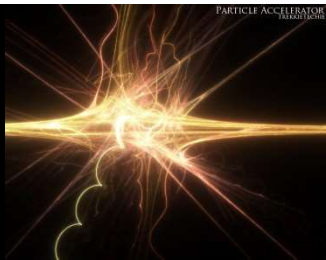
Lo scopo del piccolo prototipo è verificare la qualità del modulo e la possibilità di assemblaggio e filature delle fibre



R&D e richieste: DR calo

❖ Richieste:

- R&D su elettronica:
 - finanziamenti ricevuti adeguati all'acquisto di schede e interfacce
 - Non c'è margine per acquisto di altri SiPM
- R&D su lavorazioni: **5 k€** per lavorazioni meccaniche (fresa e 3D)



R&D e richieste: μ Rwell

❖ Programma:

- Sviluppo SW pre-shower e muon system
- Analisi dati test beam
- Continua il lavoro d'ingegnerizzazione della produzione con ditte e lo sviluppo di soluzioni per 2D readout e/o high rate
- **Il test beam al PSI ad Ottobre e' stato approvato per due settimane**
 - **Richiesta di Settembre coprirebbe 1 settimana**

❖ Richieste:

➤ Sblocchi SJ:

- Missioni: 2 k€ BO, 4 k€ LNF, 4 k€ FE

➤ Richieste aggiuntive:

- Missioni: 3 k€ BO, 1 k€ FE, 2 k€ LNF (di cui 1 k€ per noleggio mezzo)
- Trasporti: 1 k€ LNF per spedizioni materiale

Sommario sblocchi SJ e richieste

❖ Sblocchi SJ:

➤ Missioni:

■ 2 k€ BO, 4 k€ LNF, 4 k€ FE = 10 k€ (per test beam PSI di μ Rwell)

❖ Richieste aggiuntive:

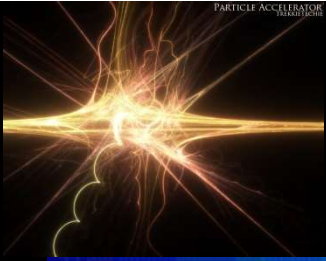
➤ Missioni:

■ 3 k€ BO, 1 k€ FE, 2 k€ LNF = 6 k€ (per test beam PSI di μ Rwell)

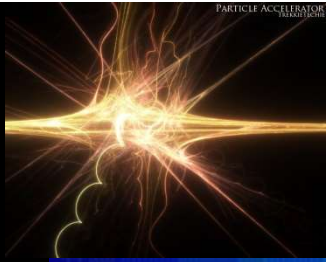
■ Trasporti: 1 k€ LNF (per spedizioni materiale a PSI)

➤ Consumi:

■ 9.5k€ LE, 5 k€ PV = 14.5 k€ (per R&D camera e Calorimetro)



BACKUP SLIDES

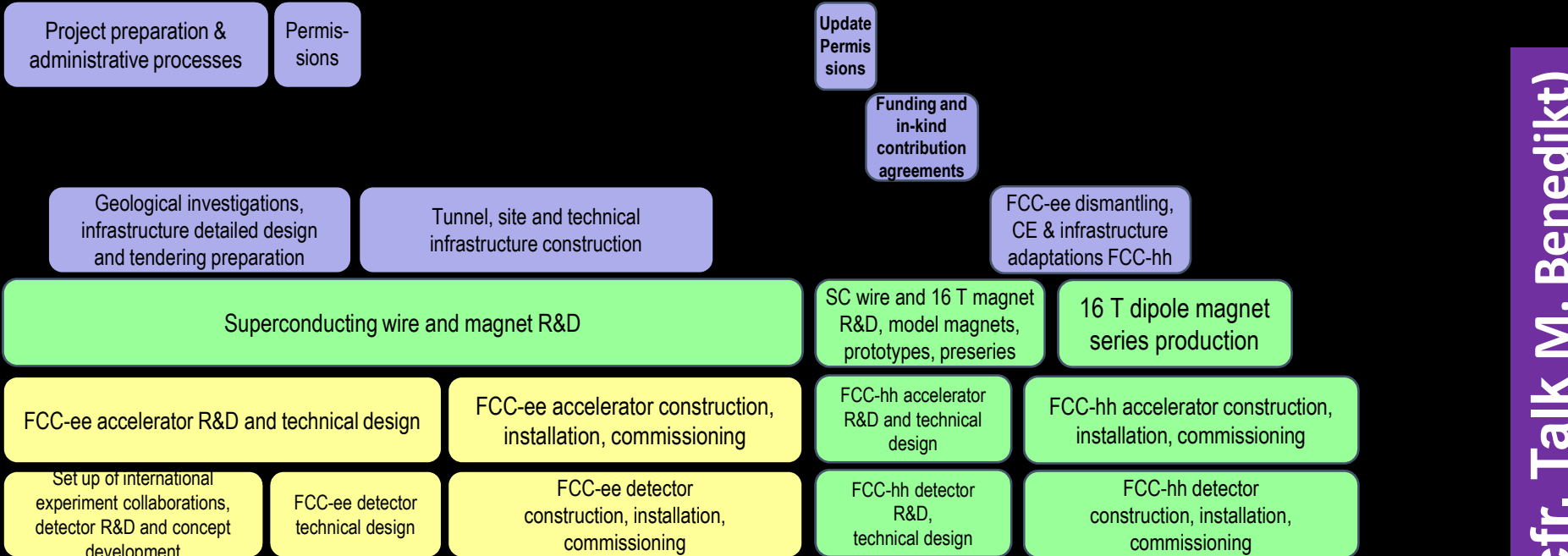


FCC-ee workshop



FCC integrated project technical timeline

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 15 years operation 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 ~ 25 years operation 70



(cfr. Talk M. Benedikt)