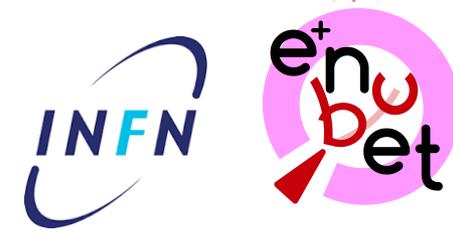


ENUBET



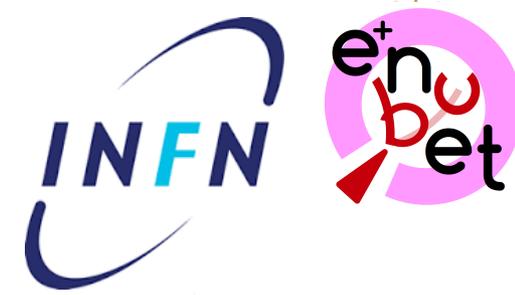
A. Longhin, F. Pupilli (INFN-Padova)

<http://enubet.pd.infn.it>



This project has received funding from the European Research Council (ERC) under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme (grant agreement No 681647).

ENUBET: identikit

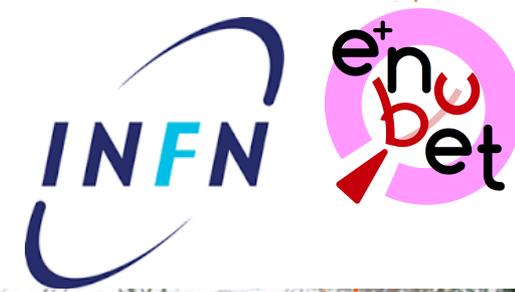


ENUBET e' una proposta scientifica approvata su base competitiva dal prestigioso **European Research Council (ERC)** nel 2015 per 5 anni.

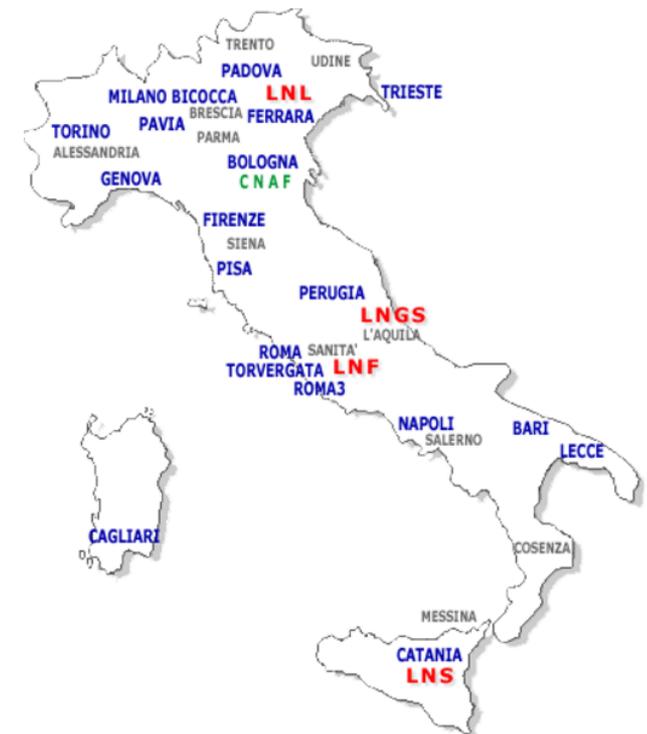
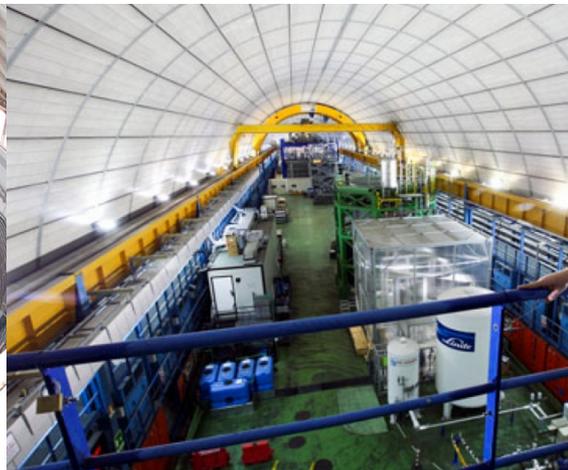


The ERC's mission is to encourage the highest quality research in Europe through competitive funding and to support investigator-driven frontier research across all fields, on the basis of scientific excellence.

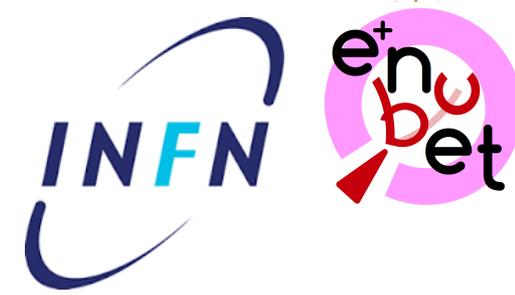
ENUBET: identikit



Responsabile: A. Longhin
(INFN-Padova)
Istituzione ospitante:
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



ENUBET: il nome

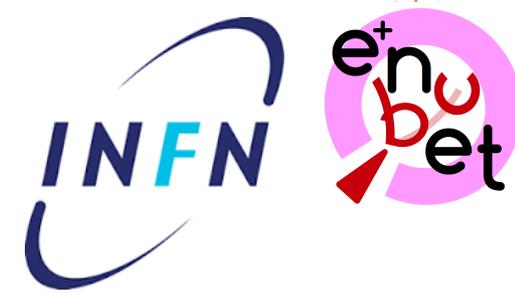


E' l'acronimo di:

Enhanced **N**e**U**trino **BE**ams from kaon **T**agging
Fasci di neutrini potenziati dalla misura dei Kaoni



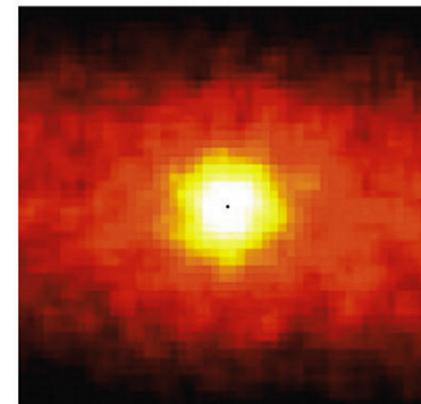
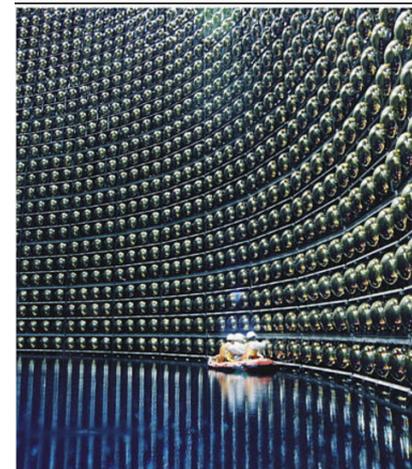
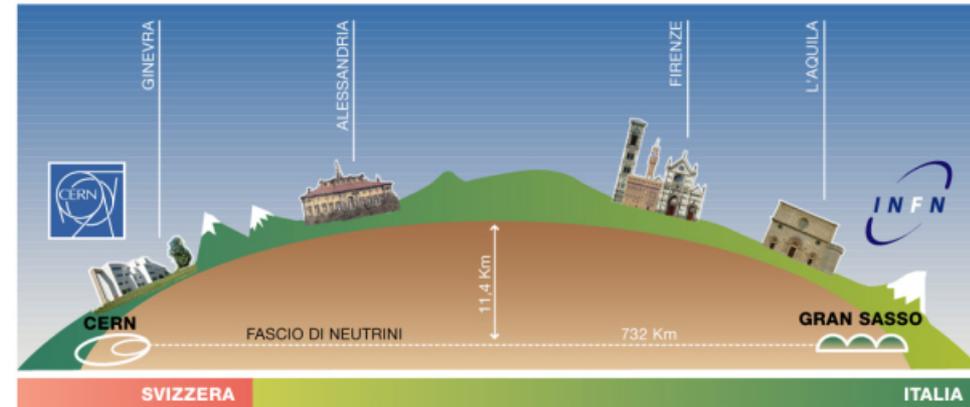
Il neutrino?!



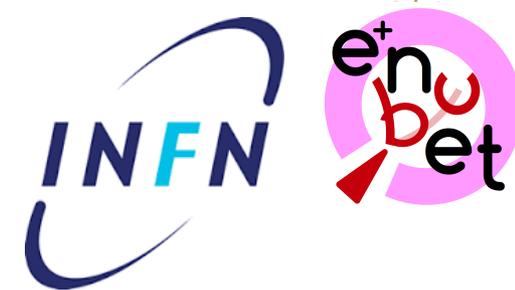
E' tra le particelle elementari meno esplorate e piu' interessanti.

I **neutrini** sono **sfuggenti**.
Passano indisturbati centinaia di km di roccia senza attenuazioni significative.

Sono **abbondatissimi**. Dal sole ce ne arrivano 10 miliardi al secondo per ogni cm^2 !



Il problema da superare

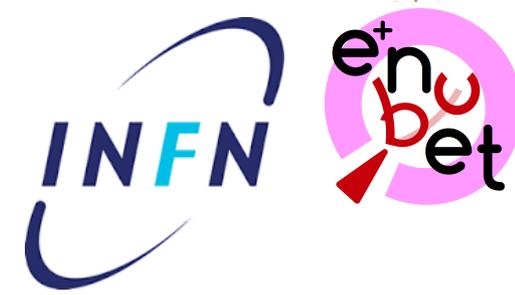


Le sorgenti tradizionali di neutrini sono “complicate”.
Non si riesce a determinare a meglio del 10% quante di queste
particelle vengano prodotte.

Questo rappresenta un **limite** notevole al progresso nel settore.
Le domande attuali richiedono di avere delle sorgenti **ben
controllabili!!!**

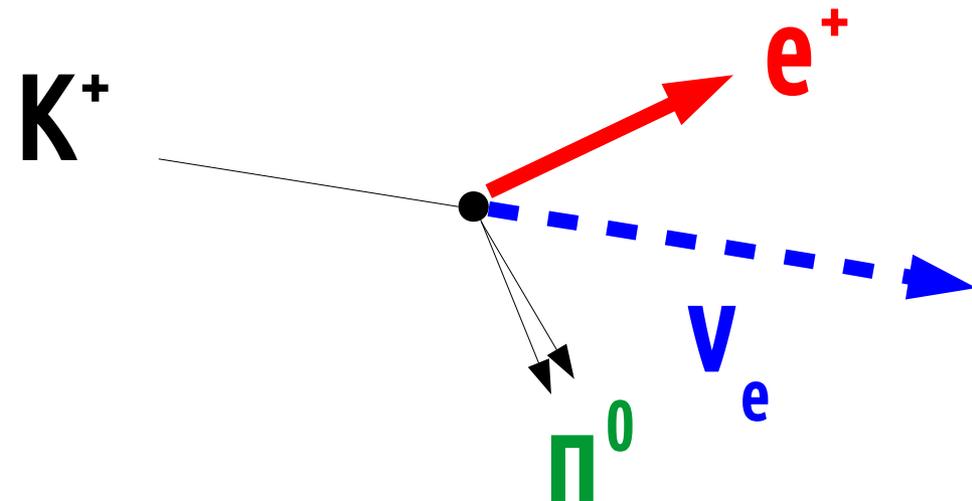


E i Kaoni ?

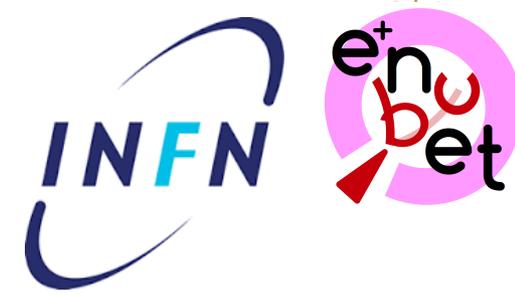


I **Kaoni** sono delle particelle **instabili** dai cui **decadimenti** (trasmutazioni) si producono neutrini.

Ma... in cosa ci possono aiutare i Kaoni ?



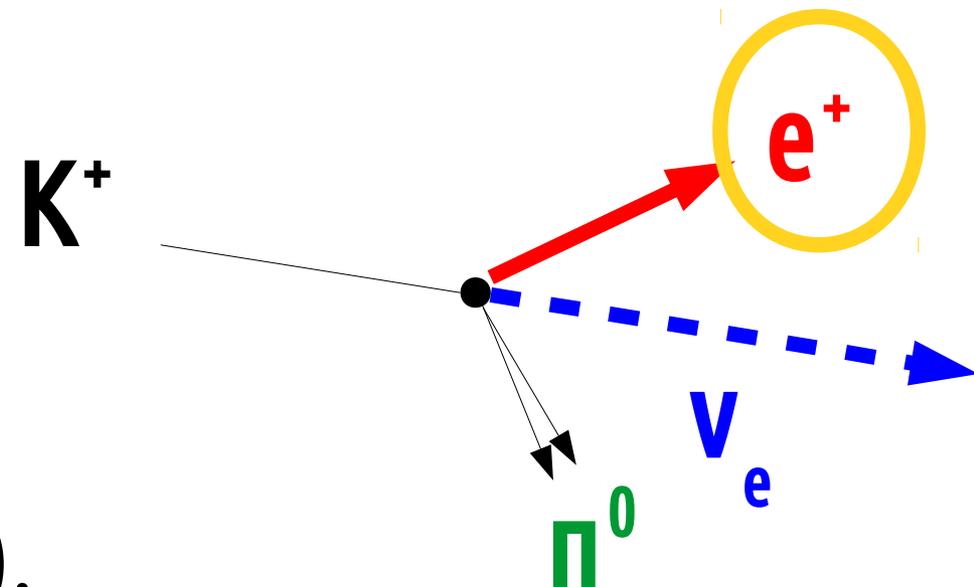
E i Kaoni ?



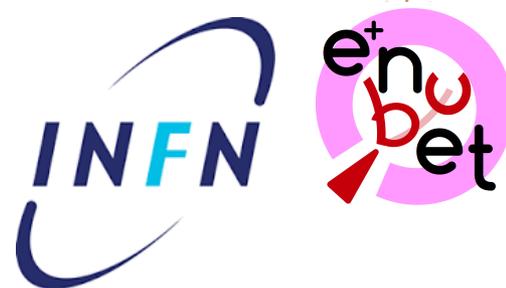
Ogni volta che un Kaone produce un neutrino si produce anche un **positrone!**

Il positrone e' parente stretto del piu' familiare elettrone ma ha carica positiva (e^+).

A differenza dei neutrini i positroni si possono rivelare "facilmente" (**vedremo come**).



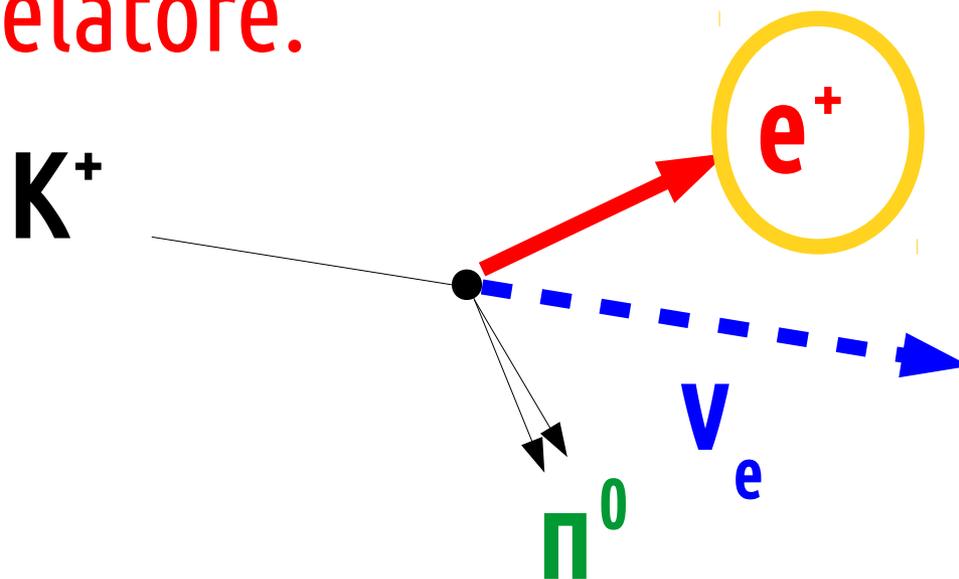
L'idea di ENUBET



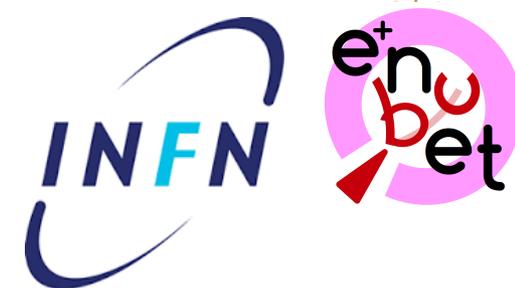
L'idea di ENUBET e' di realizzare una sorgente di neutrini innovativa con una precisione sul numero di particelle prodotte mai raggiunta.

Come ? "contando" i positroni dai decadimenti dei Kaoni con un grande rivelatore.

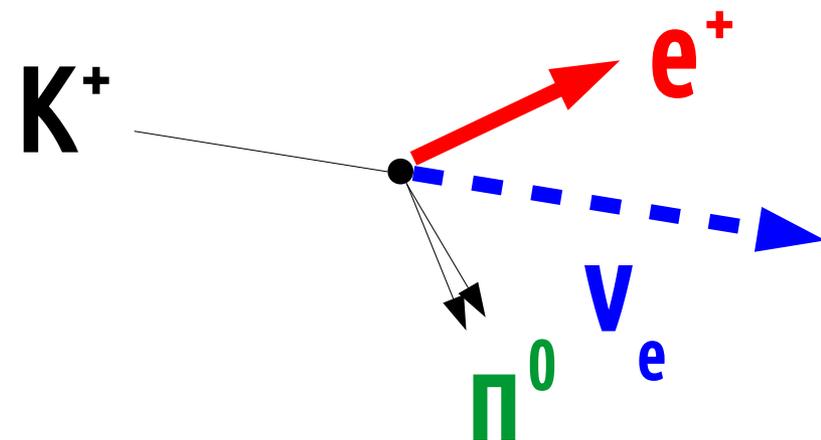
Semplice no ?!



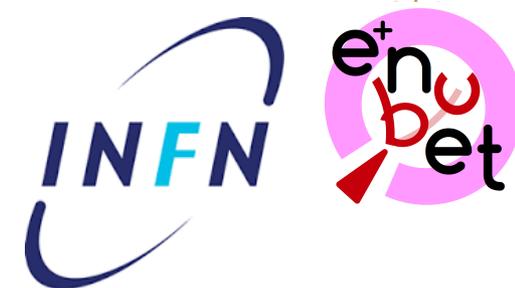
Peccato che i Kaoni...



- “vivono” mediamente solo **12 miliardesimi di secondo**
→ occorre “manipolarli” molto rapidamente (in meno di ~ 20 m)
- sono prodotti con **molte direzioni/energie** → “selezionarli” e focalizzarli modo che producano abbastanza neutrini con le caratteristiche desiderate.
- si disintegrano in molti modi, **non solo producendo positroni** → rivelatori capaci di distinguere i tipi di particella



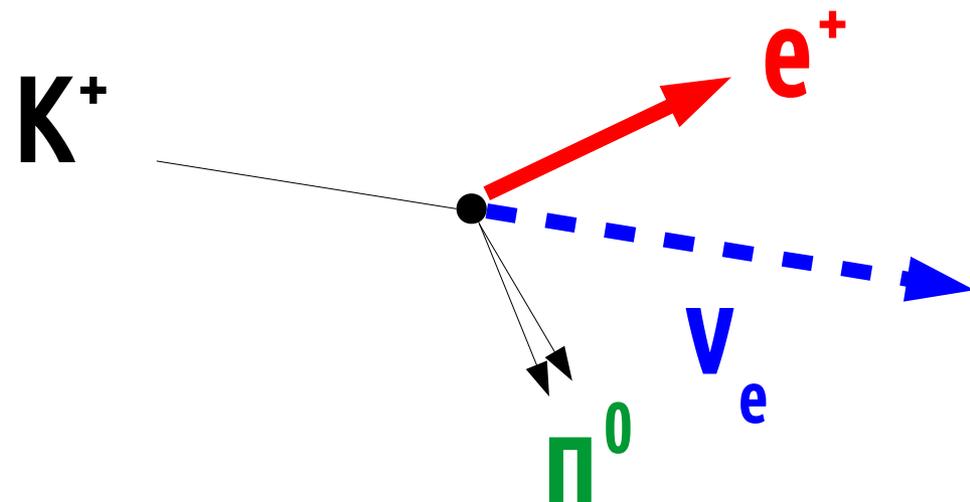
Inoltre ...



possono decadere “dove vogliono” su volumi di decine di metri → rivelatori grandi e non troppo costosi!

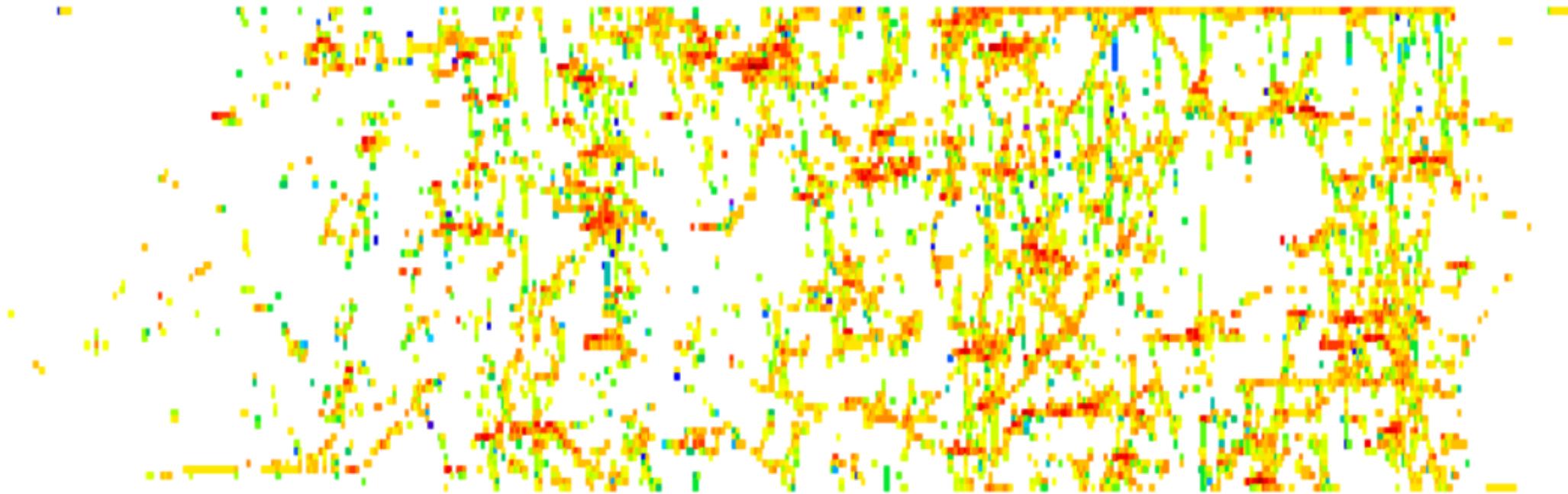
Per avere abbastanza neutrini, si generano fino a 500.000 particelle al centimetro quadro al secondo → ambiente “ostile”, rivelatori resistenti e veloci!

E non e' tutto ...



Esempio sui flussi di particelle attesi

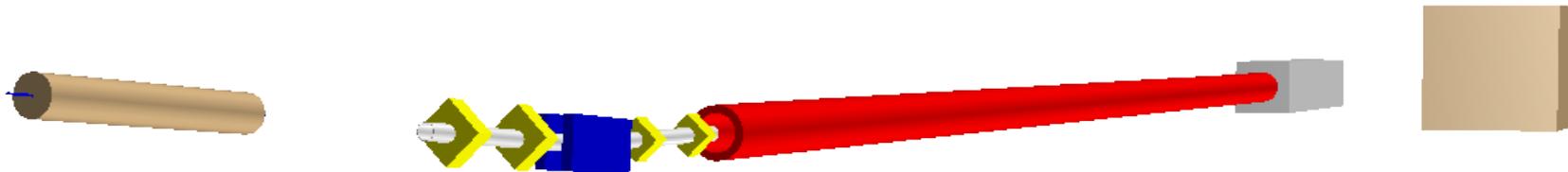
Positroni in 2 nanosecondi (2 miliardesimi di secondo) su un tunnel lungo 40 m e con 40 cm di raggio



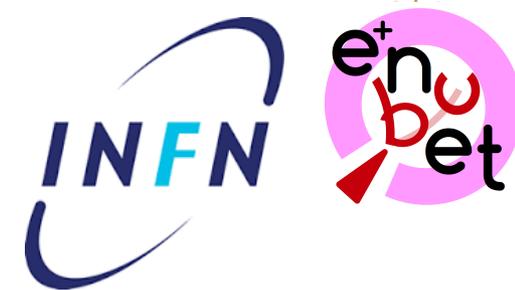
ENUBET

L'idea di ENUBET e' **molto promettente** e potrebbe dare una spinta notevole al settore della fisica del neutrino

presenta **notevoli sfide tecnologiche e scientifiche**
nello **spirito dei progetti ERC**



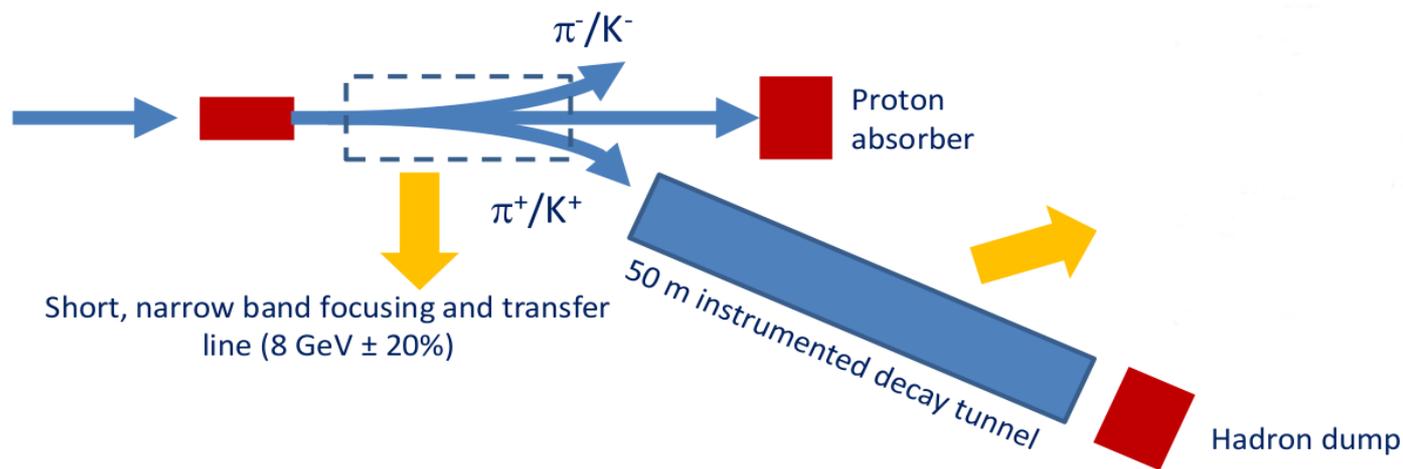
Il programma di ENUBET



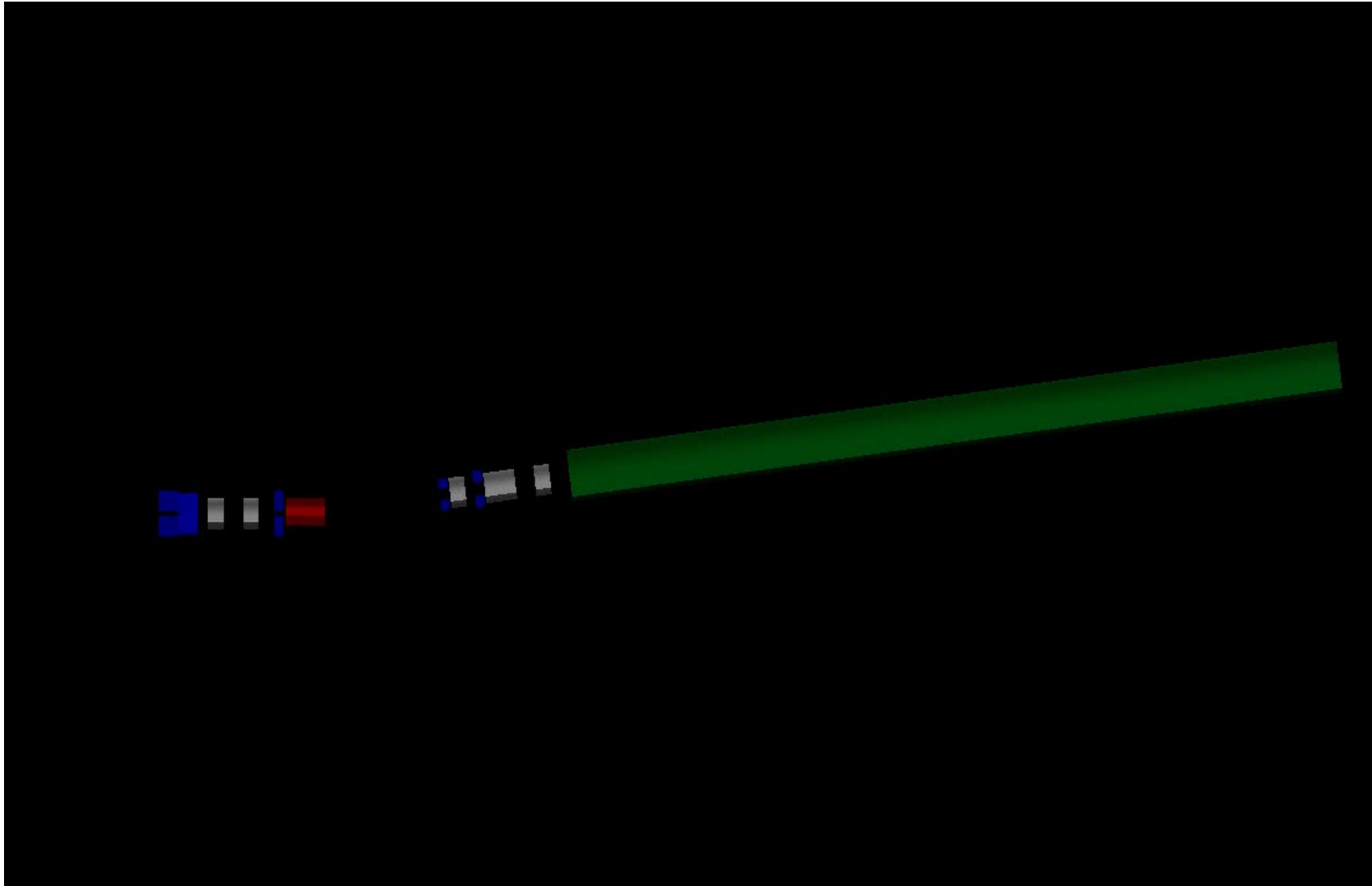
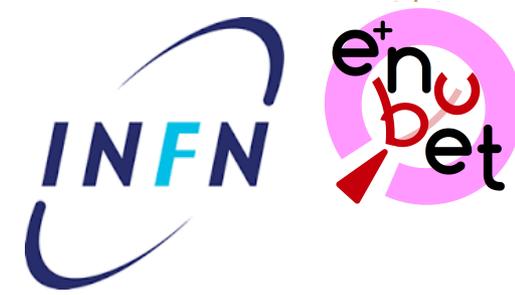
Dimostrare che/se questa idea funziona per mettere le basi per un grosso esperimento internazionale dopo il 2021

1) costruendo un rivelatore di positroni con le specifiche richieste e testandolo in condizioni realistiche

2) ideando un sistema magnetico adeguato a guidare i Kaoni

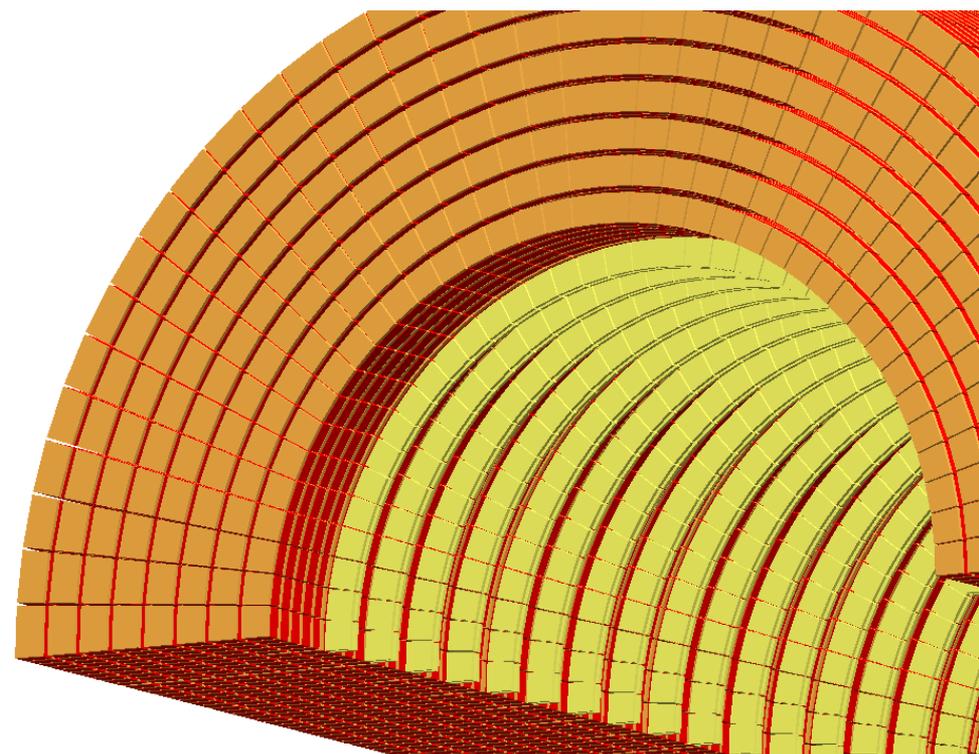
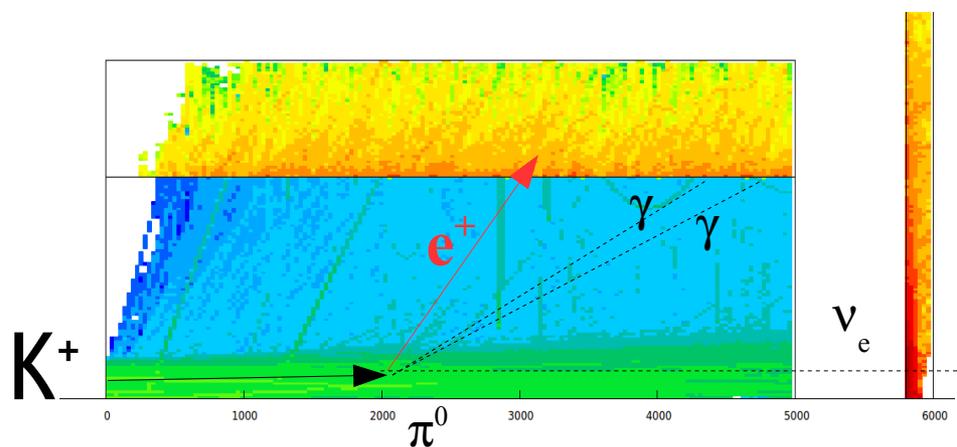


Il sistema di trasporto e foccheggiamento dei Kaoni



Il rivelatore di positroni “tagger”

Ecco come potrebbe apparire:

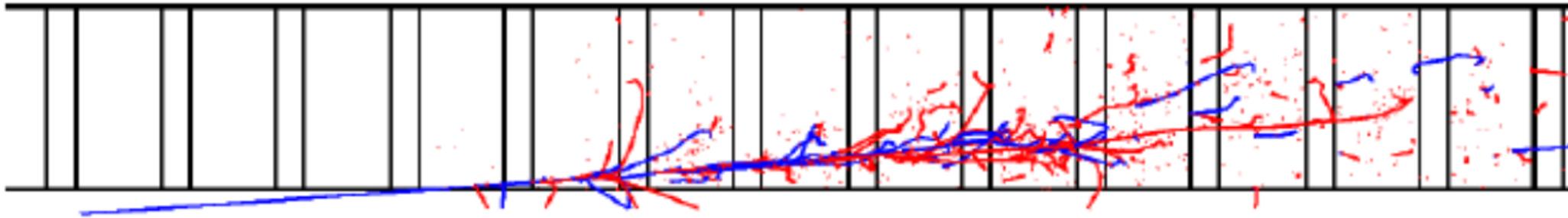


Nel seguito cercheremo di capire meglio come funziona (dando qualche dettaglio in piu' sui positroni)

I positroni: come rivelarli



Una simulazione mostra cosa accade ad un positrone quando si “schianta” contro il rivelatore

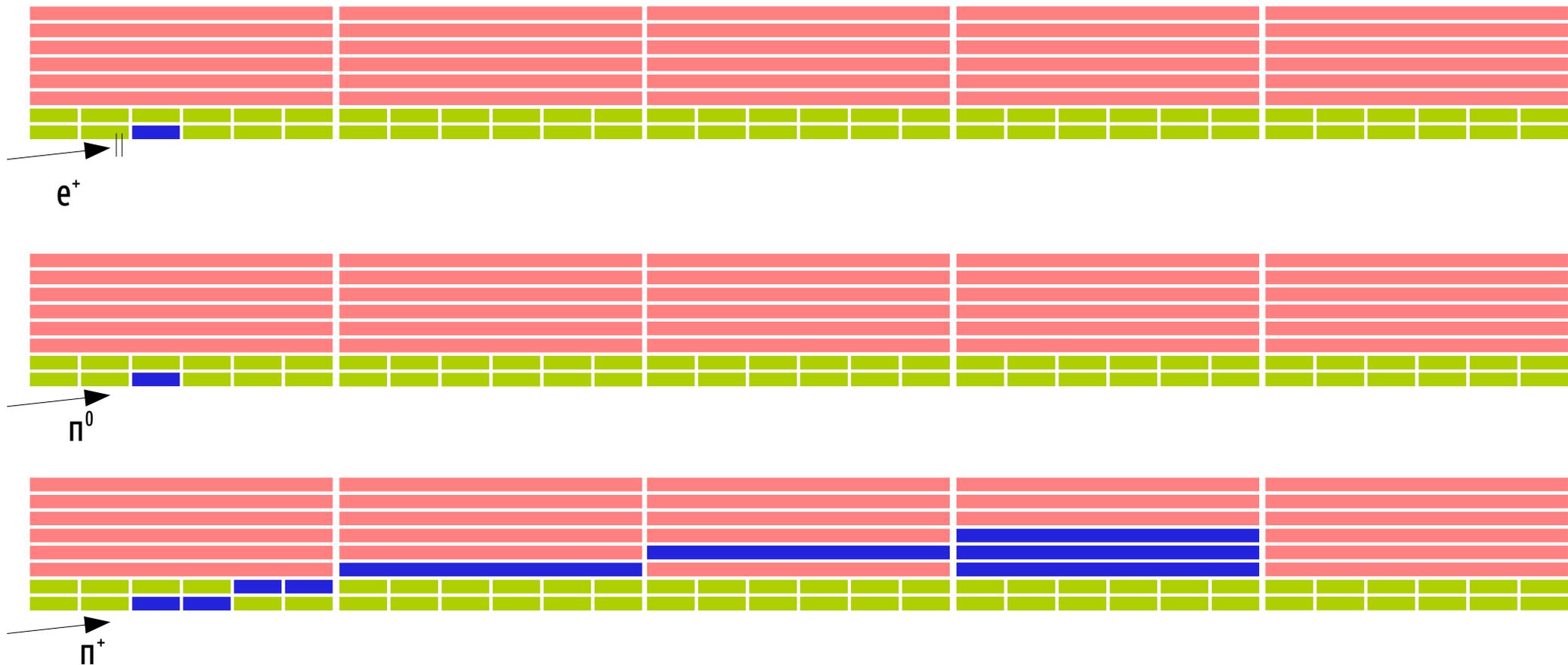


Si produce uno “sciame” ovvero una specie di cascata di **positroni-elettroni** con energie sempre piu' piccole.

In poche decine di centimetri si localizza tutta l'energia
→ questa e' la chiave per distinguere i positroni da altre particelle!

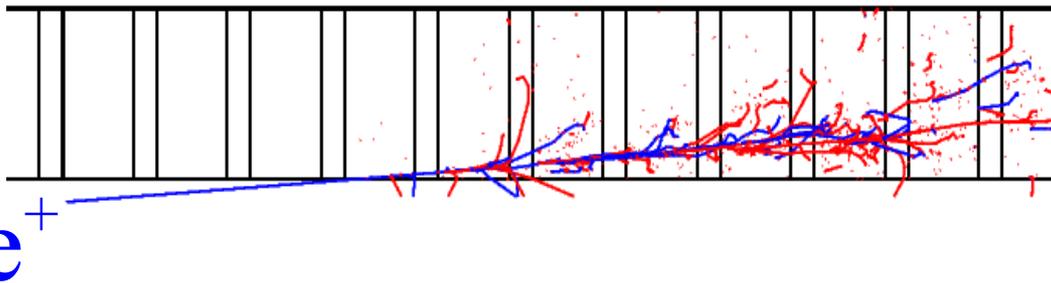
Differenti particelle “accendono” Il rivelatore con caratteristiche diverse

Celle accese



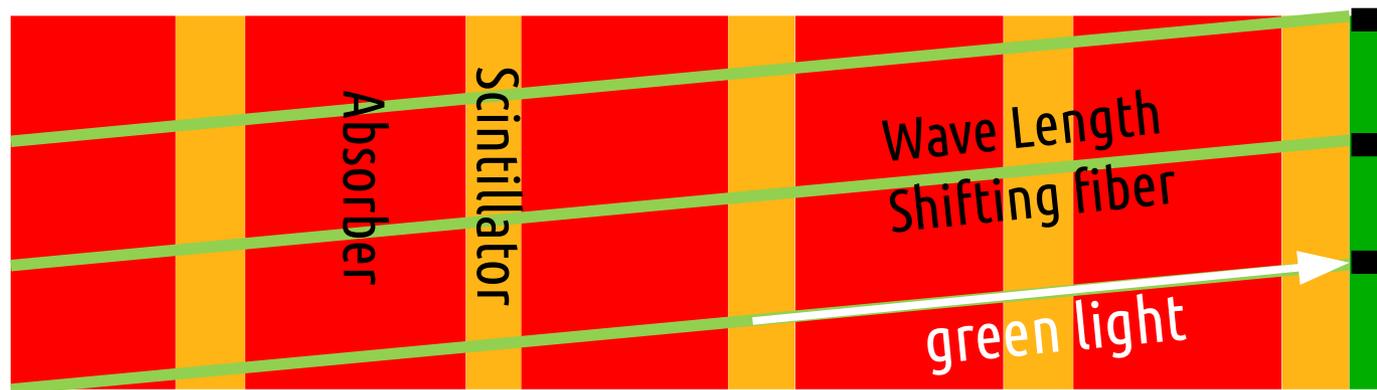
Il modulo ultra-compatto (UCM)

Sciame da positrone

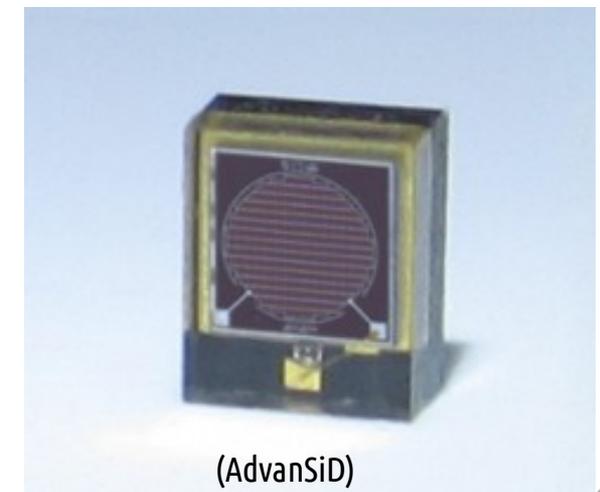


La luce di scintillazione

- Raccolta da: fibre "WLS"
- Letta da sensori al Silicio "SiPM"



SiPM



L'UCM: il mattoncino elementare



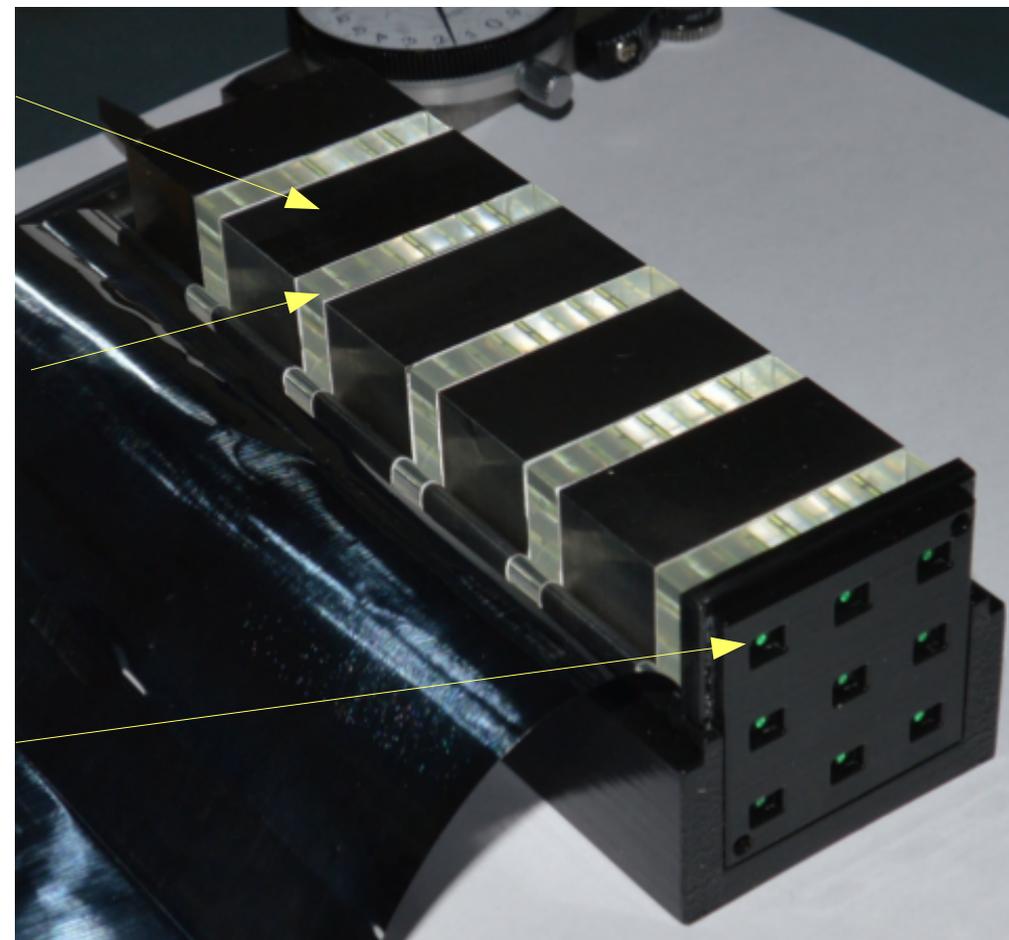
Un “panino” di 5 strati di **ferro** (15 mm) e 5 strati di **scintillatore plastico** (5 mm).

Il **ferro** favorisce lo **sviluppo della cascata di particelle**

Lo **scintillatore plastico** e' una speciale plastica trasparente che **produce luce al passaggio di particelle cariche**.

Fibre a spostamento di lunghezza d'onda: convogliano (e modificano) la luce portandola fuori del mattoncino dove la luce viene misurata da appositi **sensori al silicio**.

“calorimetro shashlik”



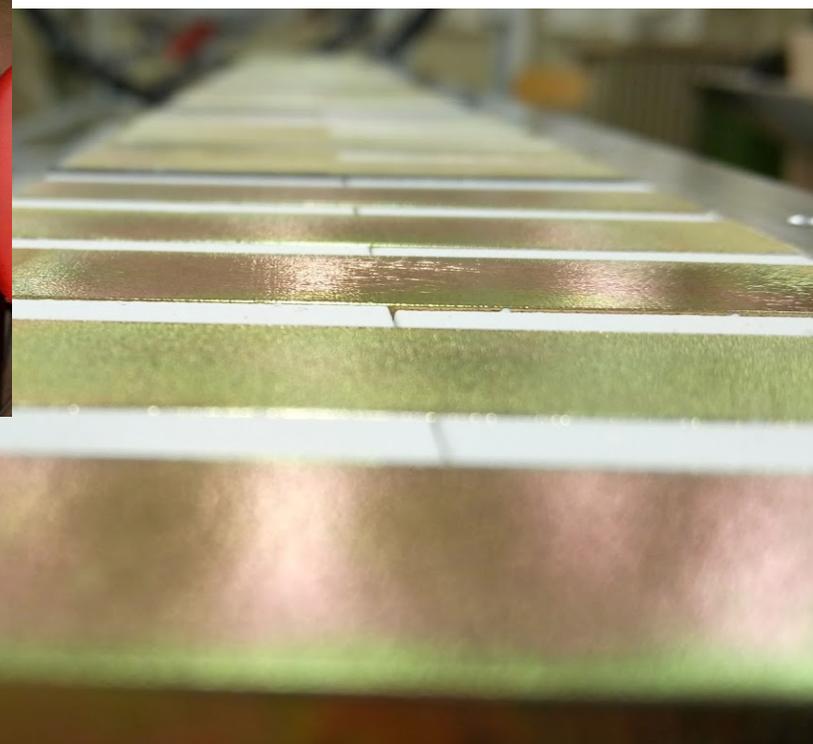
Gli ingredienti: gli assorbitori



Dentro il ferro il positrone si “frantuma” producendo lo sciame elettromagnetico



Fori da 1.2 mm ogni cm per uno spessore di 15 mm per ospitare le fibre (~ 400.000 per il prototipo finale!)



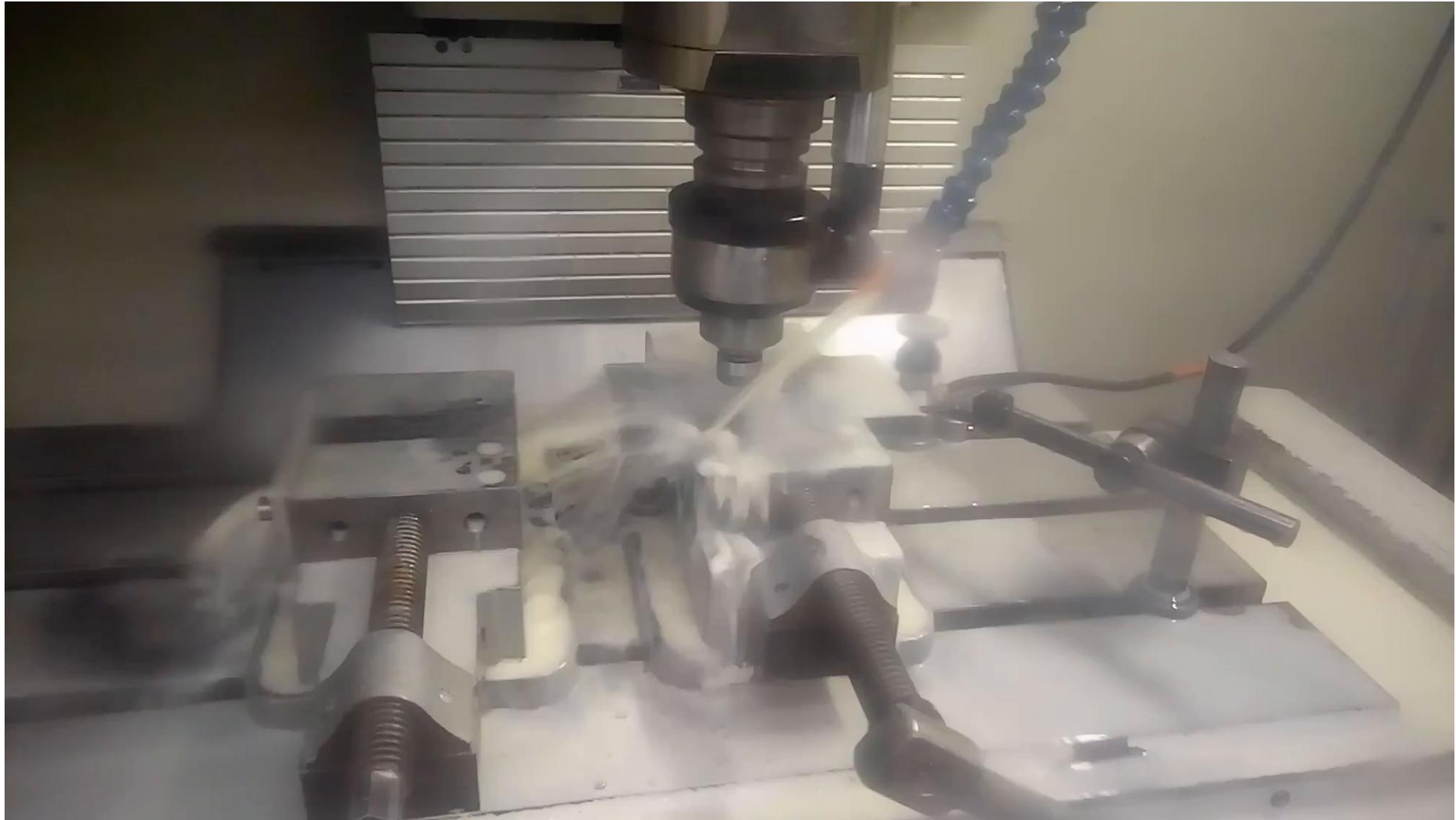
Lavorazione presso l'officina meccanica INFN di Padova e Milano Bicocca



Gli ingredienti: gli assorbitori



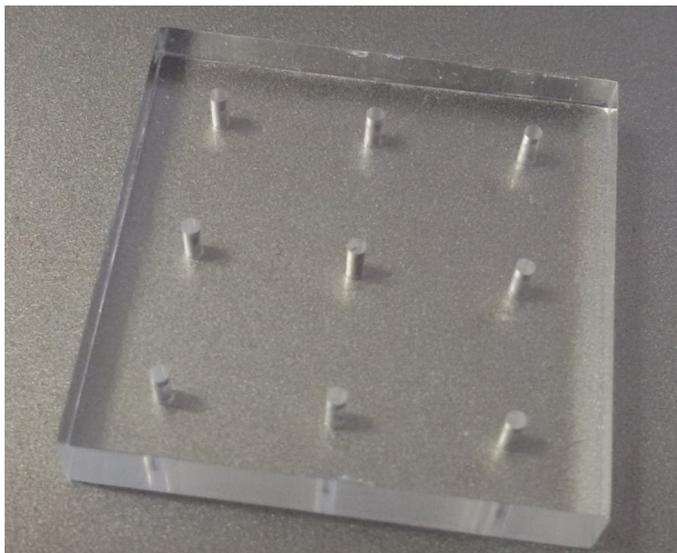
Foratura presso l'officina meccanica INFN Padova



Gli ingredienti: scintillatori

E' una comune plastica (polistirene o poliviniltoluene) con disciolte delle molecole organiche.

Il passaggio delle particelle cariche "eccita" queste molecole che poi ritornano al loro stato originario rilasciando l'energia incamerata sottoforma di luce.

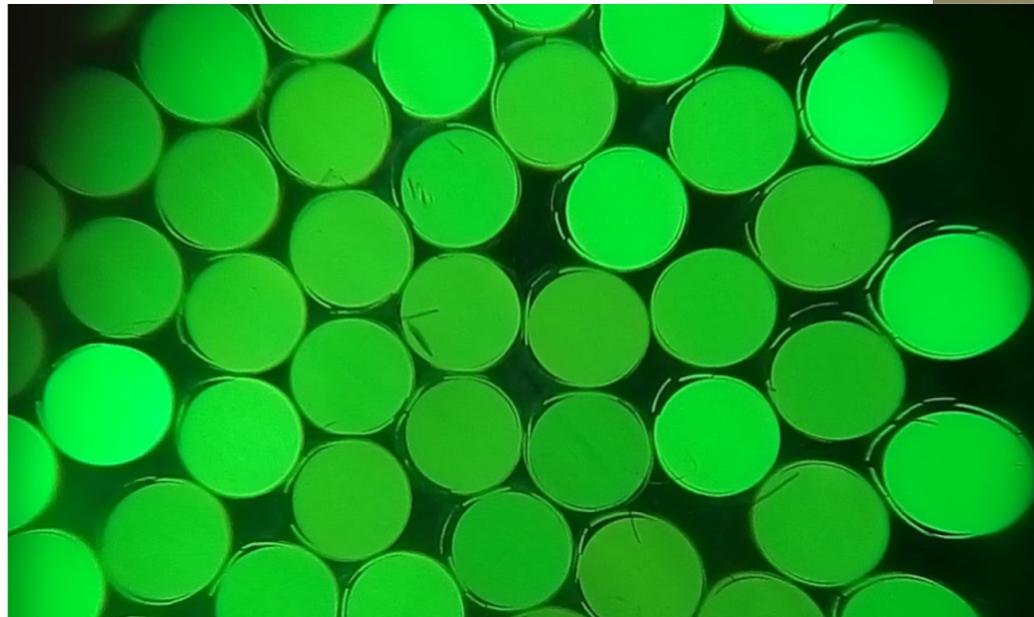


Gli ingredienti: le fibre

- Guidano la luce dello scintillatore fuori del “panino” dove puo' essere misurata

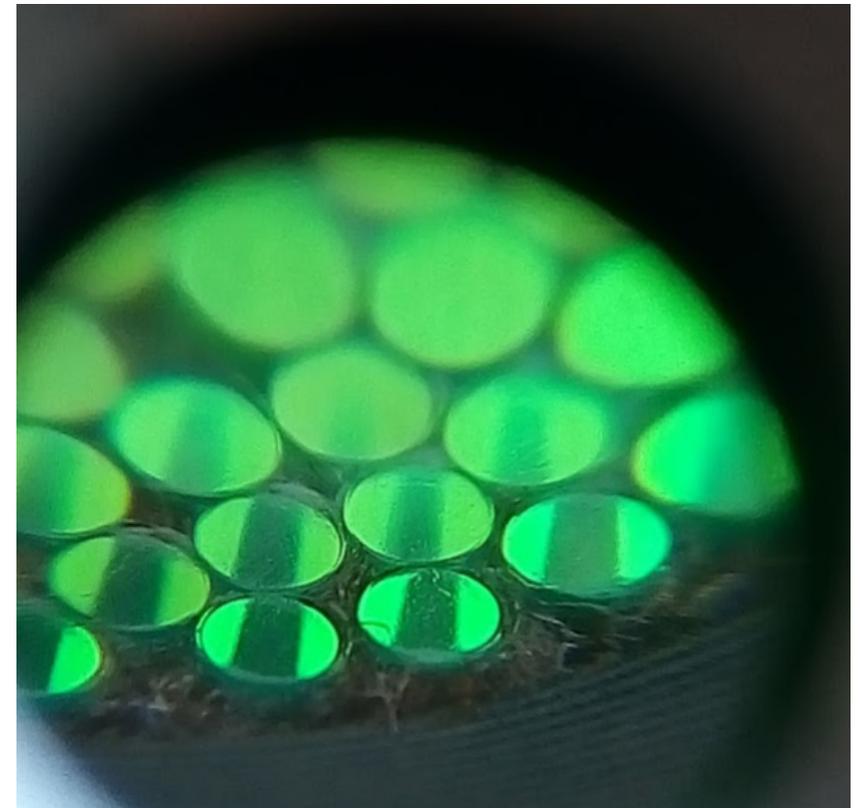
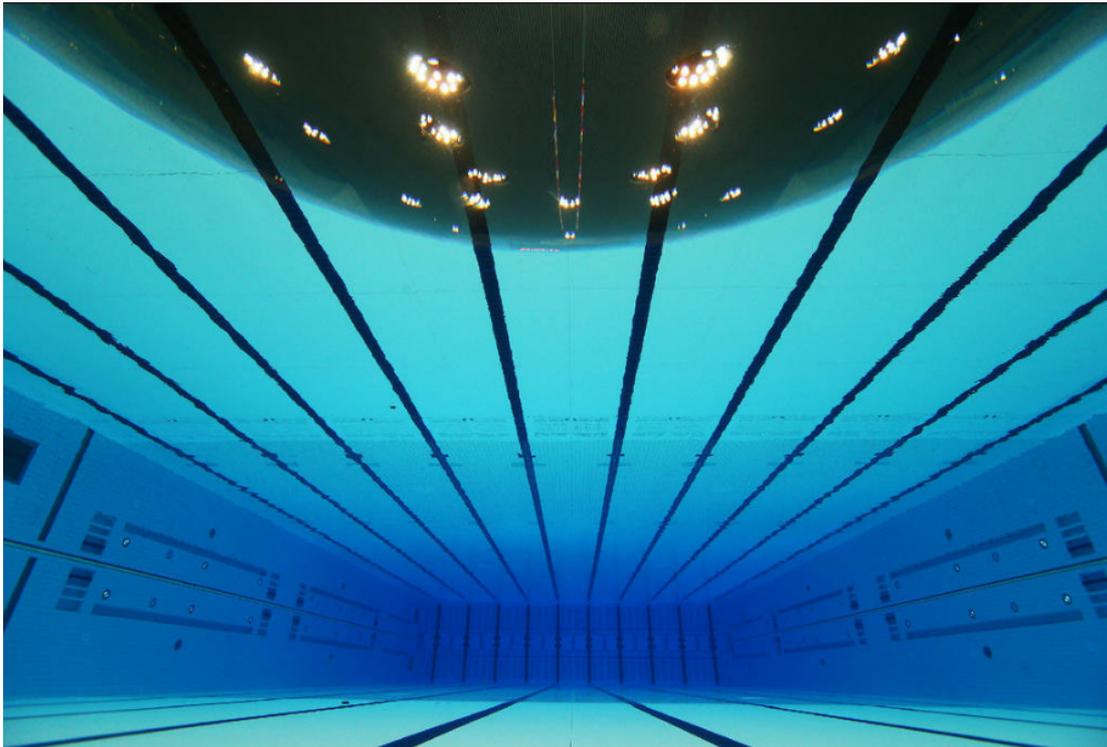
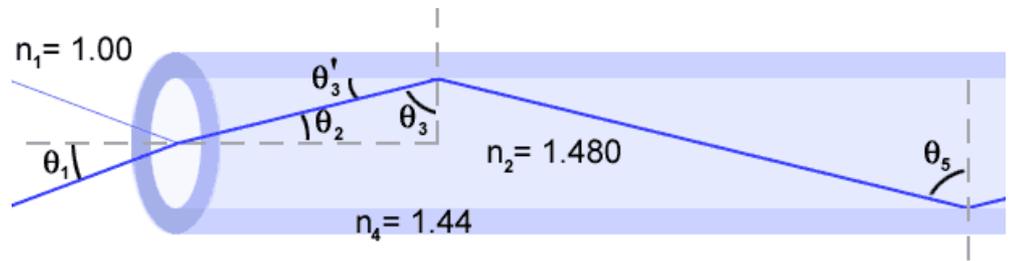


- La rendono piu' “verde” perche' i fotosensori sono piu' sensibili a queste lunghezze d'onda rispetto all'UV

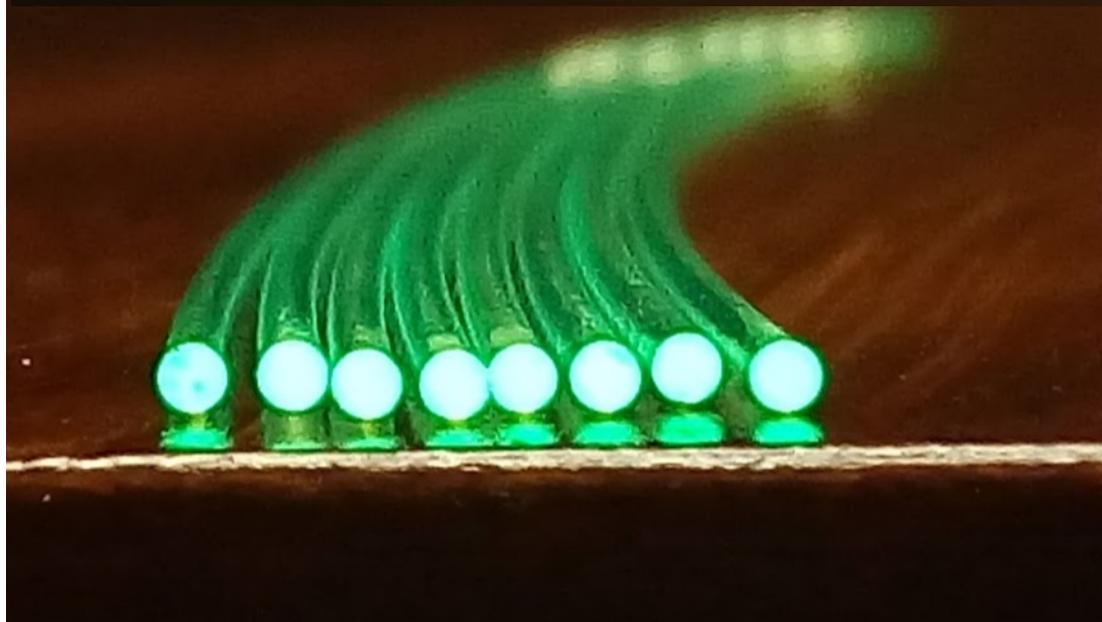
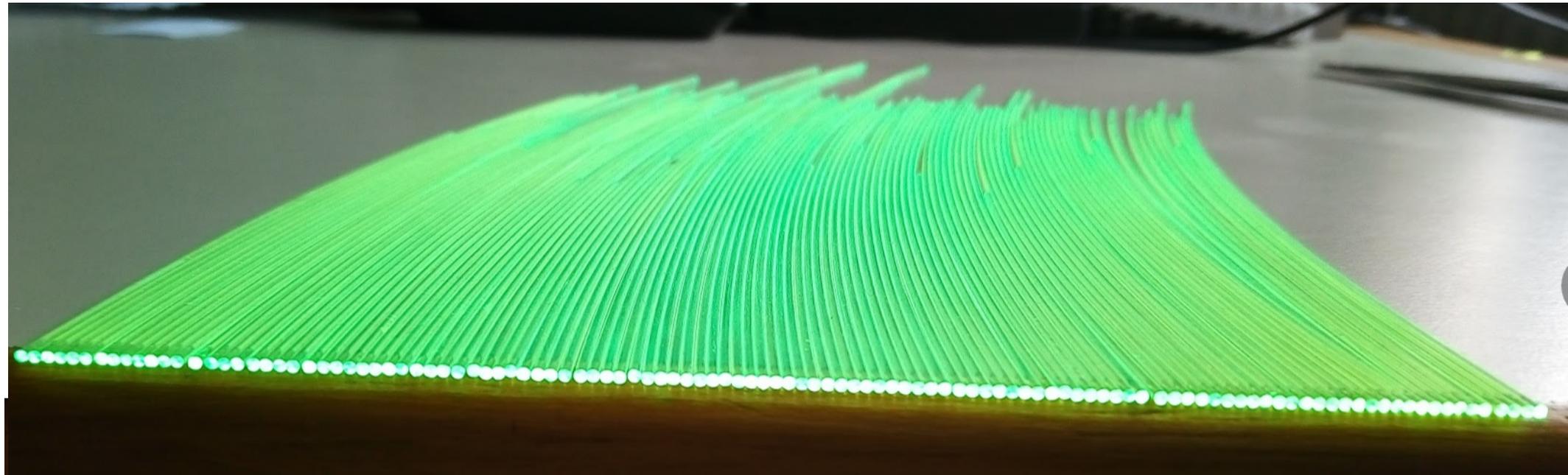


Gli ingredienti: le fibre a spostamento di lunghezza d'onda

- La luce entro certi angoli (non troppo lontani dall'asse della fibra) vengono intrappolati e si propagano rimbalzando sulla superficie interna (riflessione totale)



Gli ingredienti: le fibre a spostamento di lunghezza d'onda



Gli ingredienti: le fibre



Operazioni di fresatura ai
laboratori nazionali di
Legnaro (INFN)



Gli ingredienti: le fibre

Esposto un piccolo sistema per la caratterizzazione delle fibre

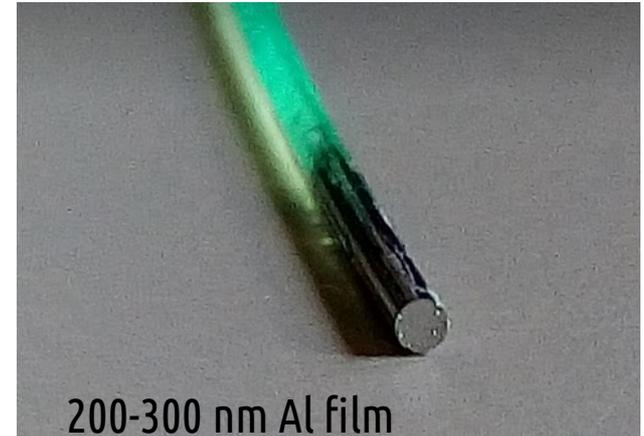
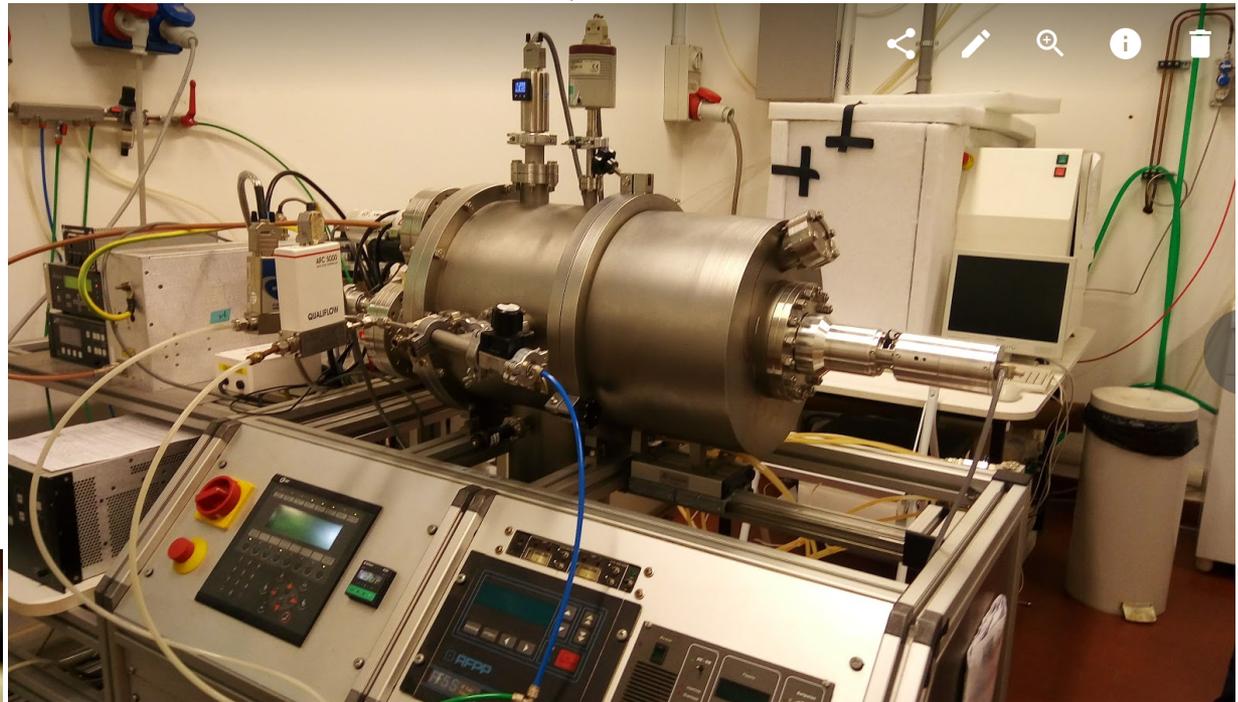
Permette di illuminare in modo puntiforme la fibra lungo tutta la sua lunghezza e misurare (attraverso un piccolo microscopio collegato ad una webcam) l'uniformita` e la frazione della luce trasportata



Fibre: alluminatura

Depositato uno spessore di 200-300 nanometri di Alluminio per rendere il capo della fibra riflettente e recuperare la luce che e' partita nella direzione "sbagliata" (dove non c'e' il sensore).

Univ. Padova, lab. film sottili



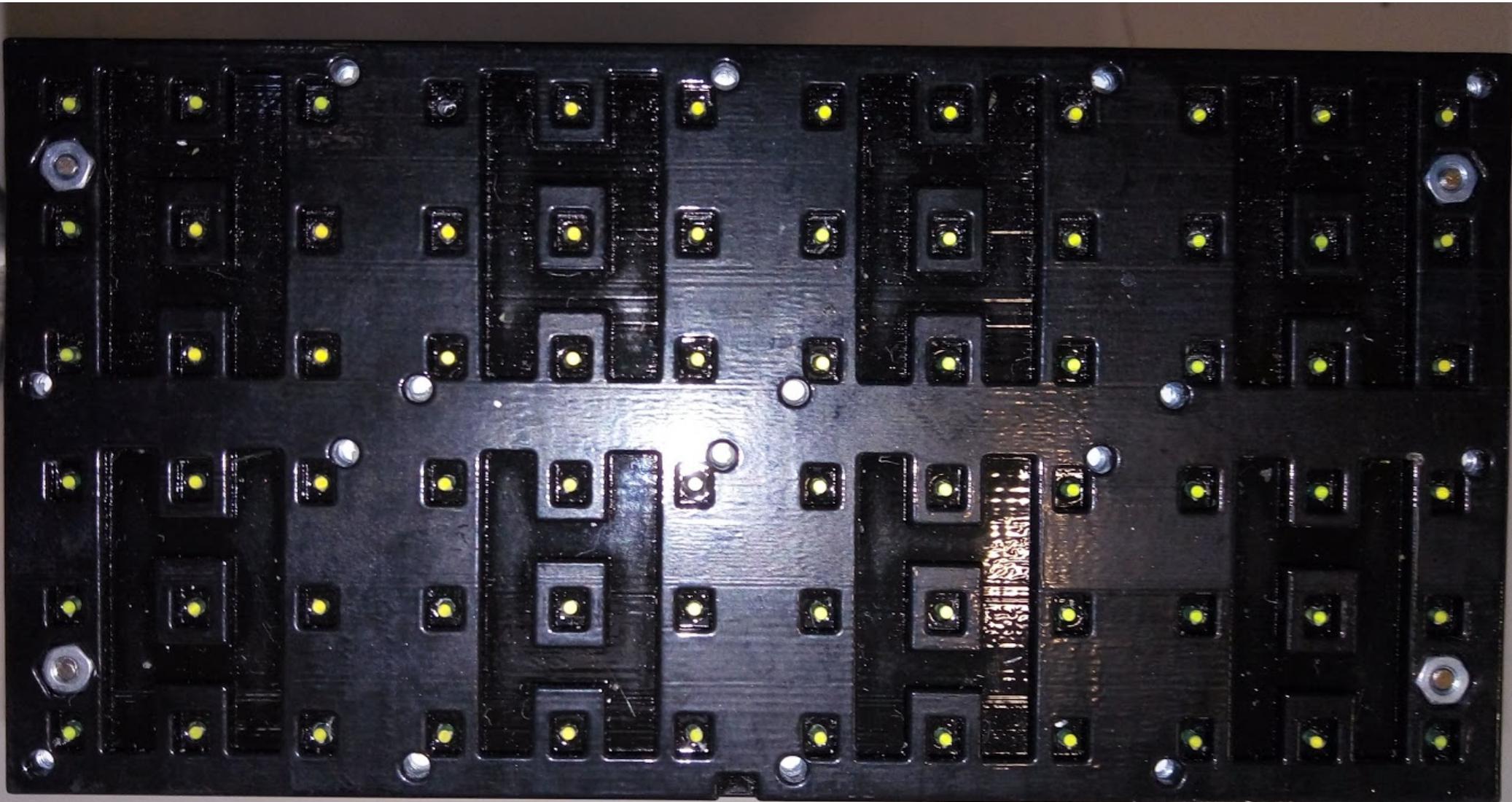
200-300 nm Al film

Polishing @
Bologna

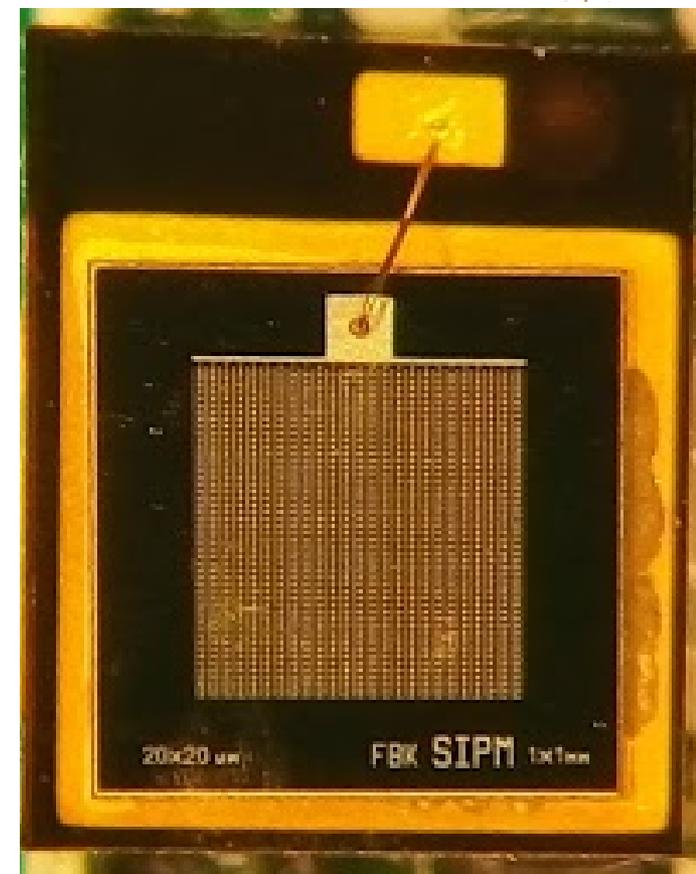
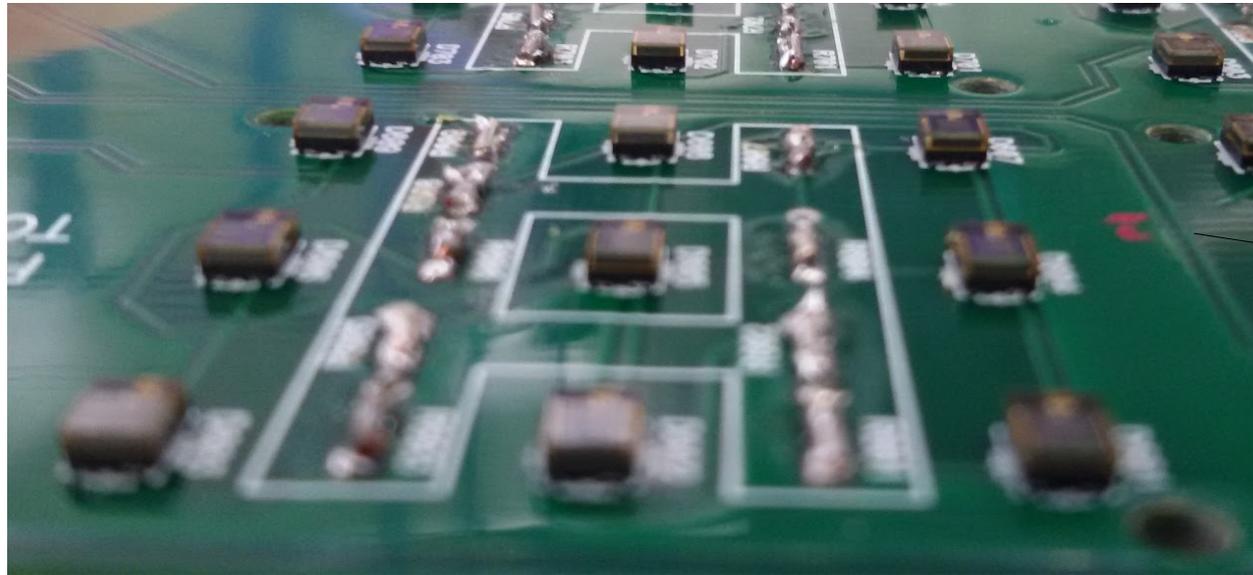


Gli ingredienti: le fibre

Le fibre, inserite nel pacchetto. Sono alloggiate su una scheda di plastica dove si alloggiano i fotosensori che vengono “appoggiati” alle fibre



Gli ingredienti: i sensori di luce

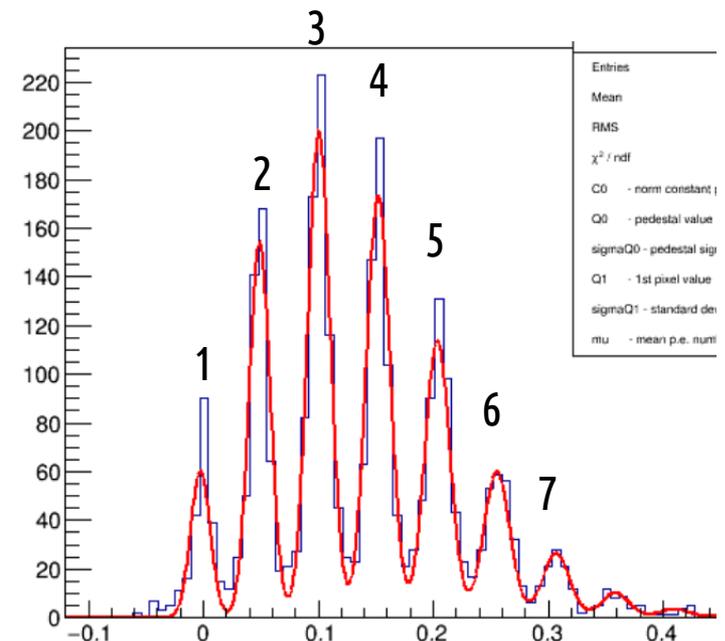


Ogni celletta e' (20x20 micrometri) e' un elemento di silicio che inizia a condurre corrente se colpito da un "grano di luce" (fotone)

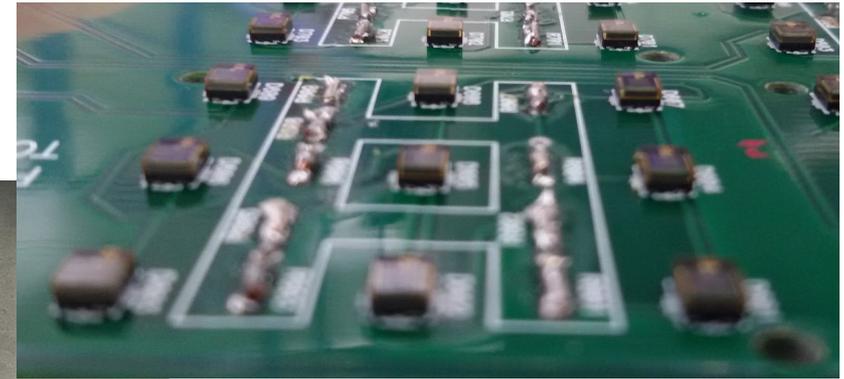
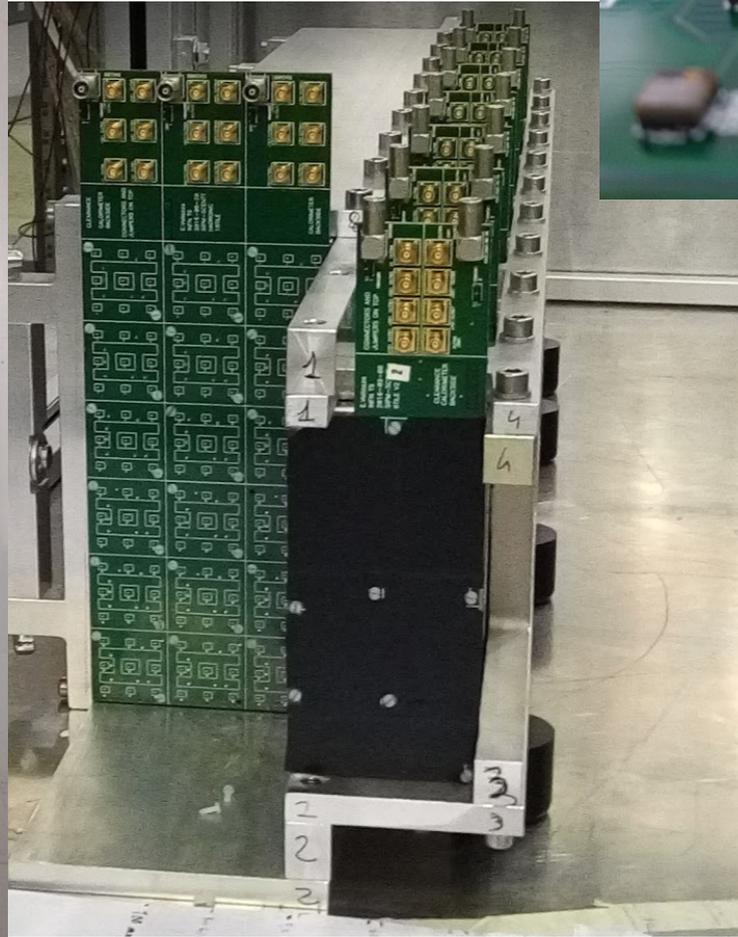
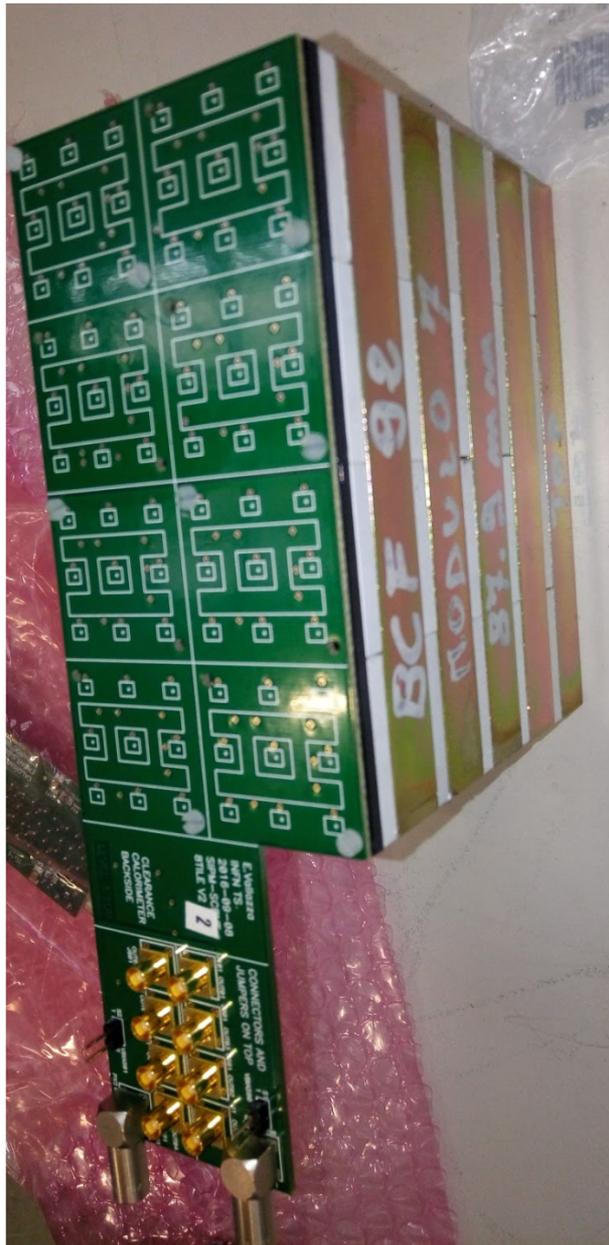
Ci sono 2500 cellette in un quadrato di 1x1 mm² su cui si appoggia la fibra

Misurando la corrente si capisce quante celle si sono accese ~ quanti fotoni sono arrivati.

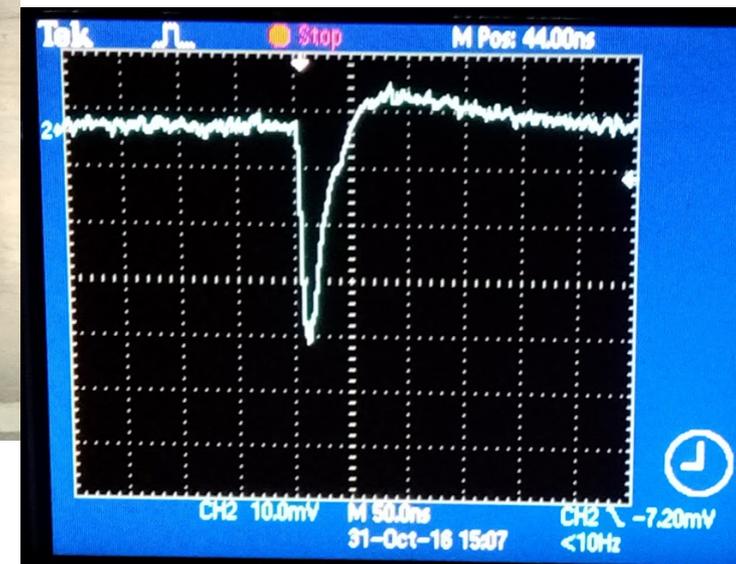
Possono vedere sorgenti debolissime: anche un solo fotone!



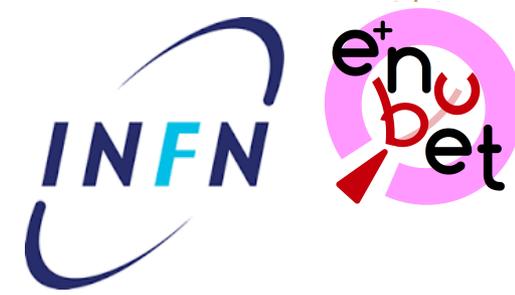
Gli ingredienti: circuiti stampati ed elettronica



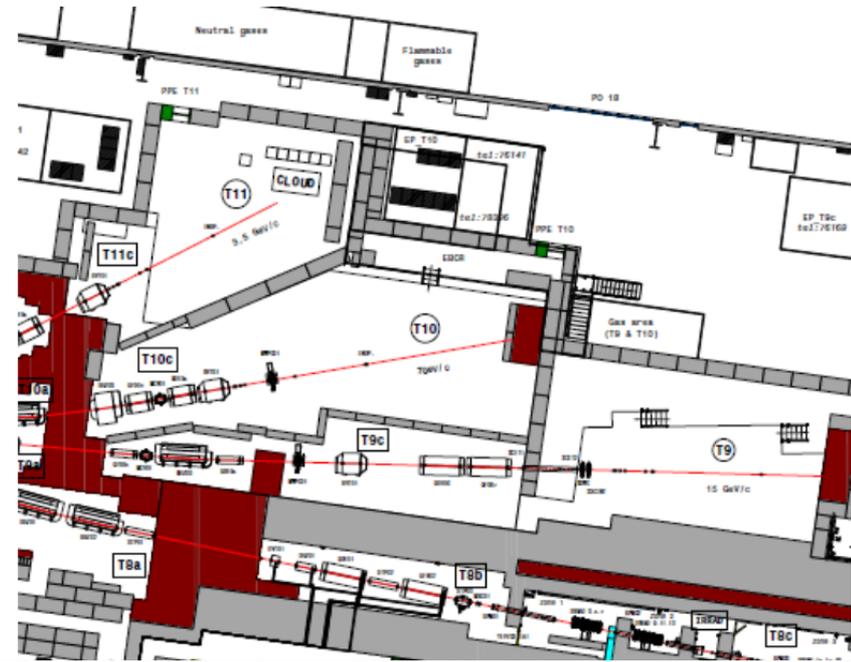
Segnale elettrico da particella (muone)
Dai raggi cosmici

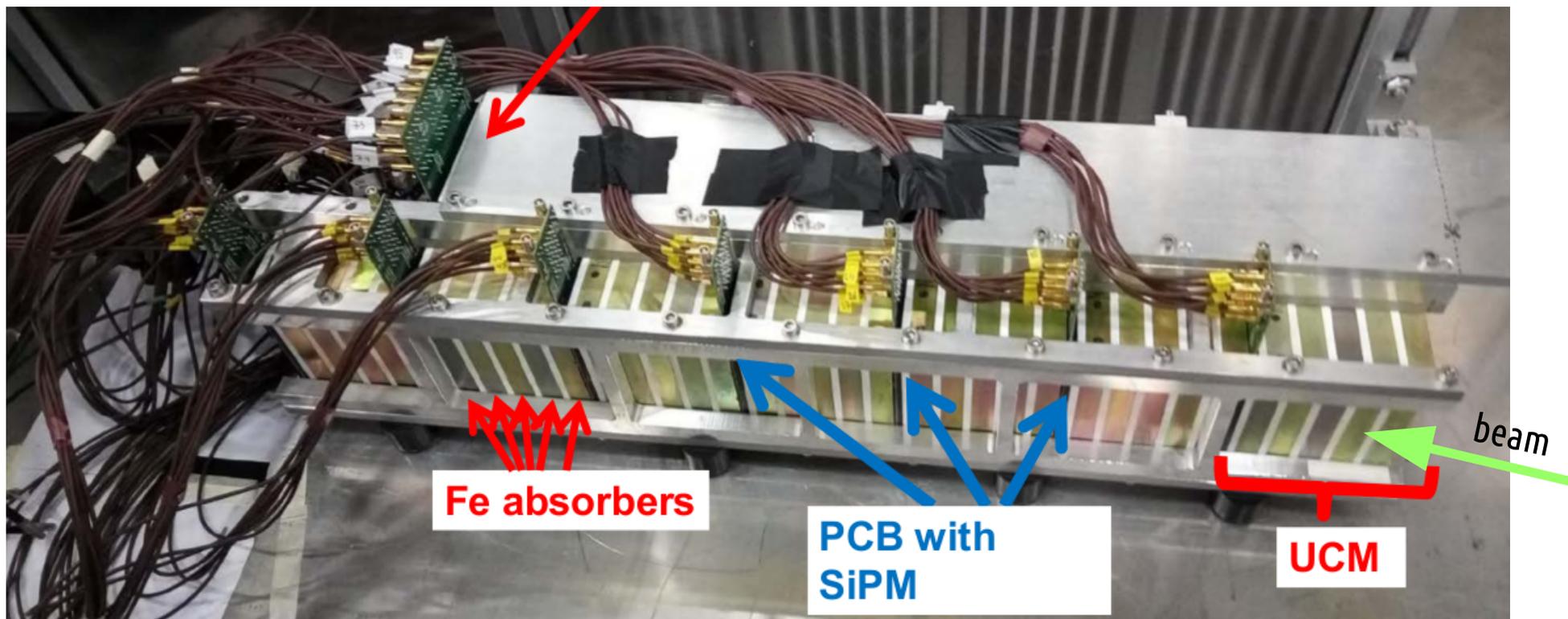


I test dei nostri rivelatori ai fasci di particelle del CERN di Ginevra

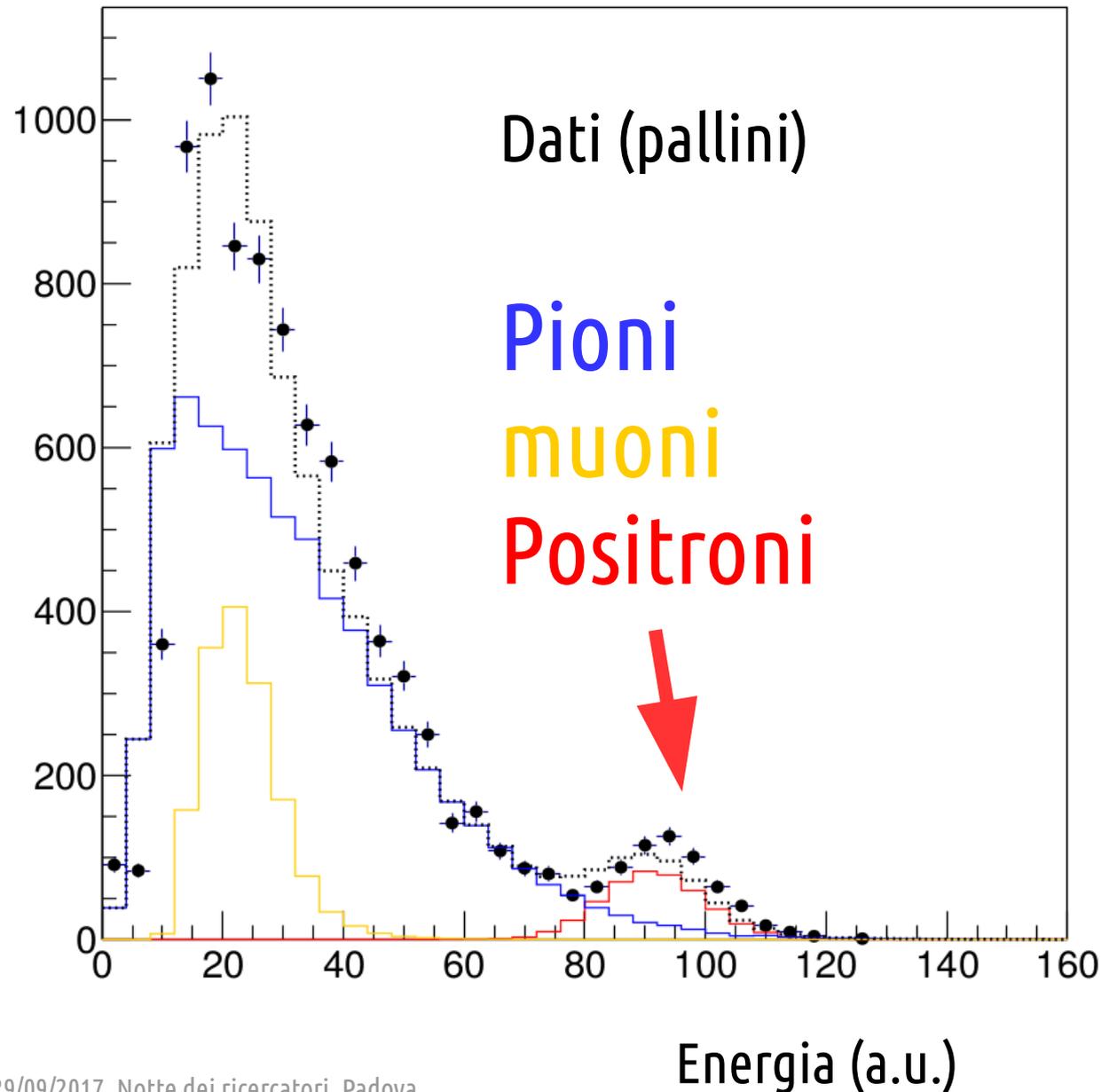
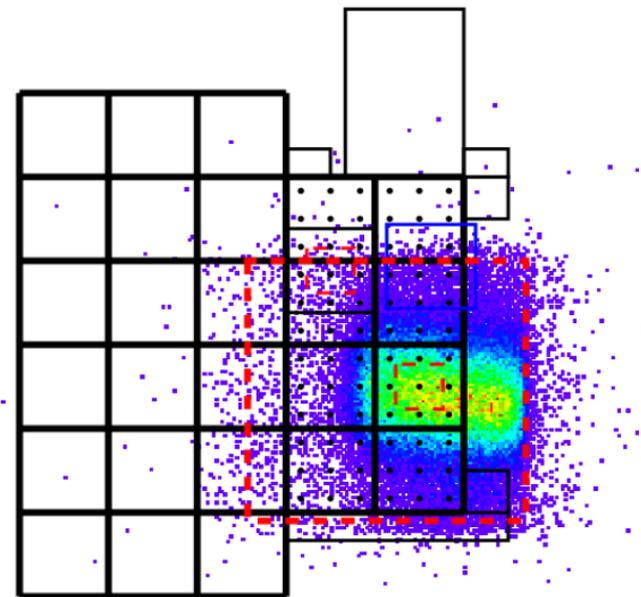


I test dei nostri rivelatori ai fasci di particelle del CERN di Ginevra

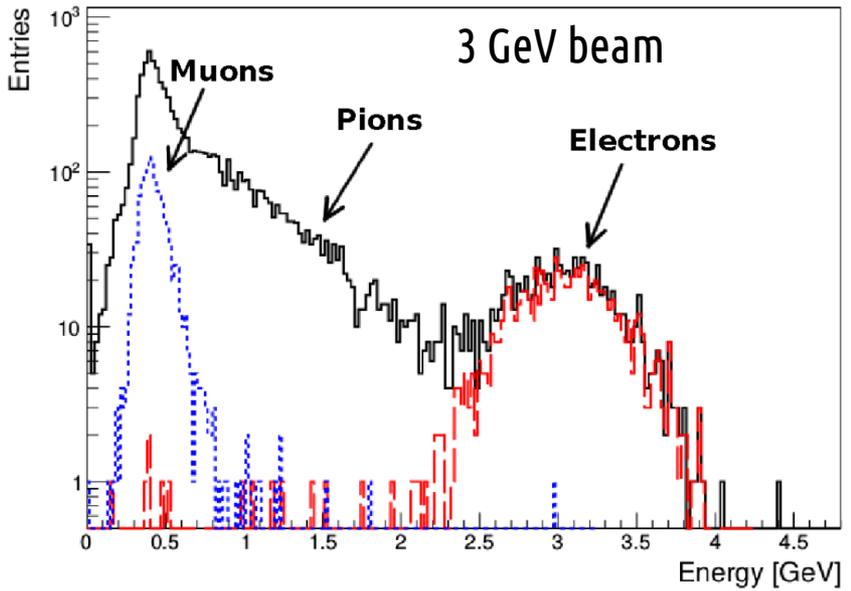
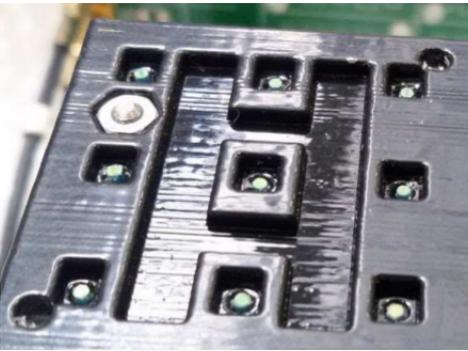
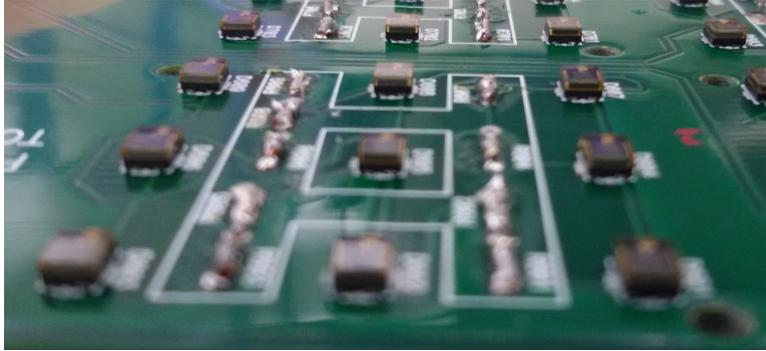
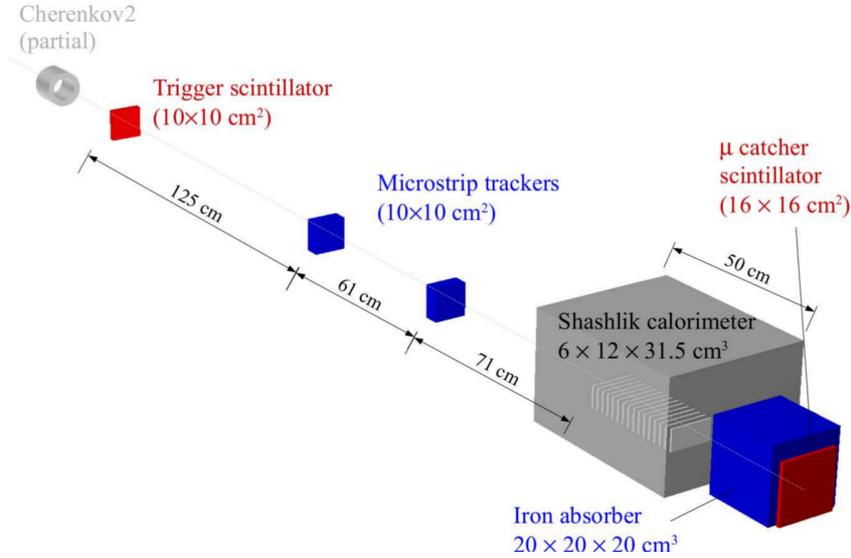




Separazione delle particelle con dati reali presi al CERN



Altri test al CERN di Ginevra



“Radiografia” di uno scintillatore con le particelle del fascio al CERN



Dove ci sono i fori il rivelatore non vede le particelle

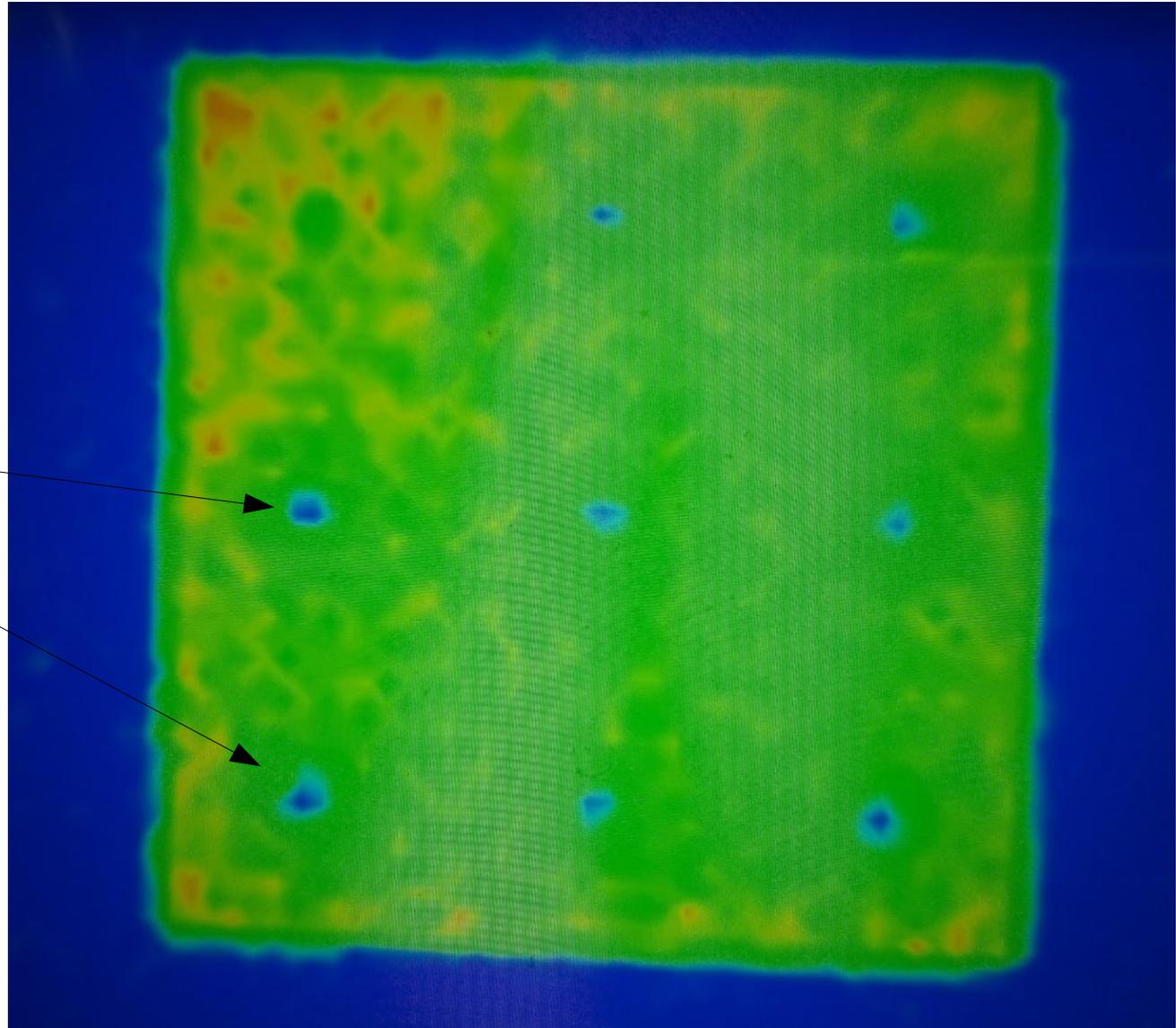


Photo-gallery

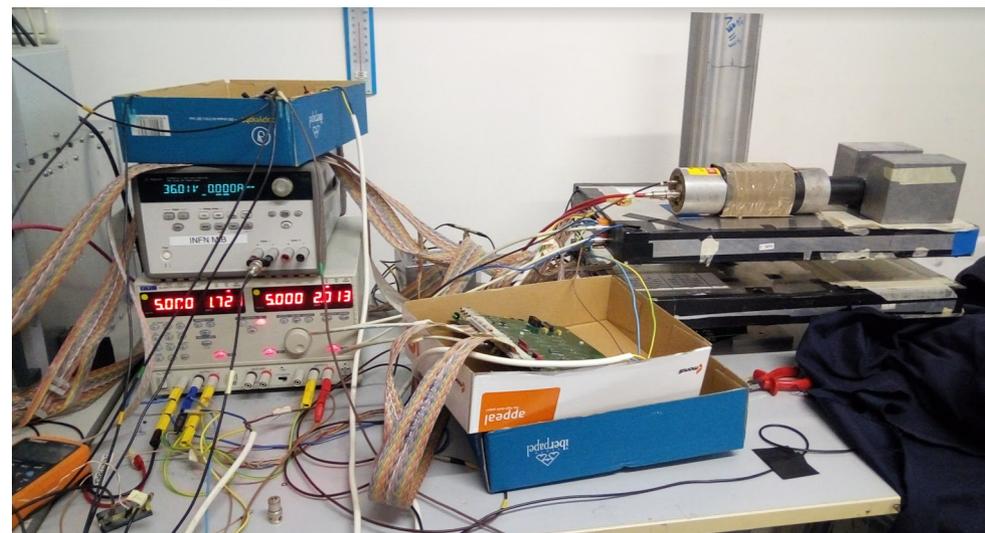


Photo-gallery

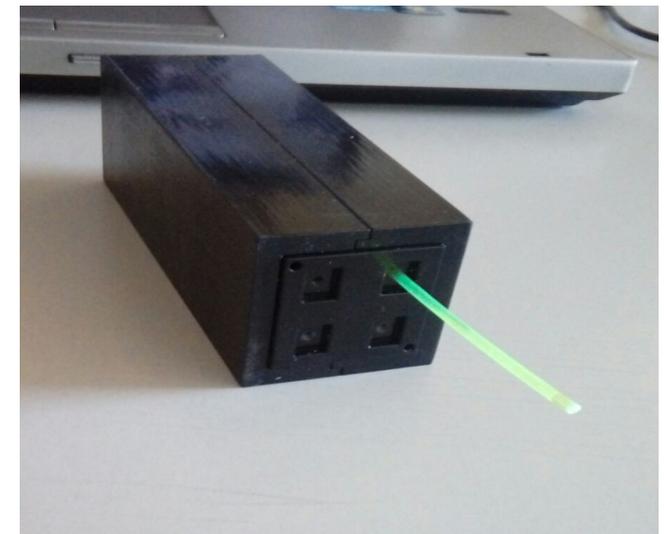
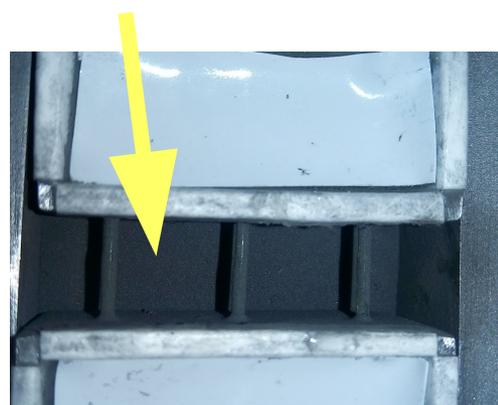
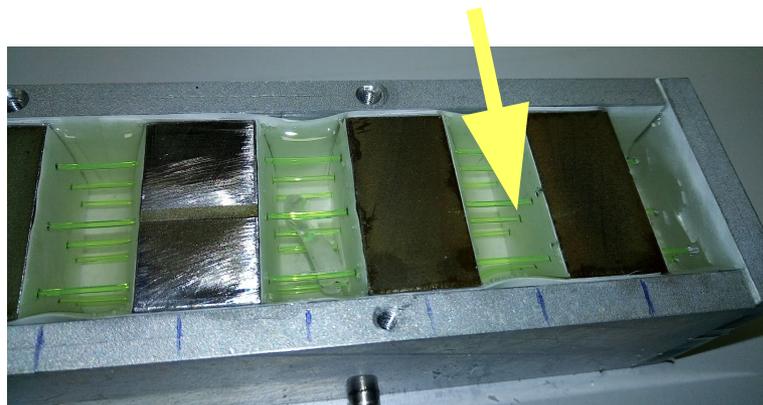
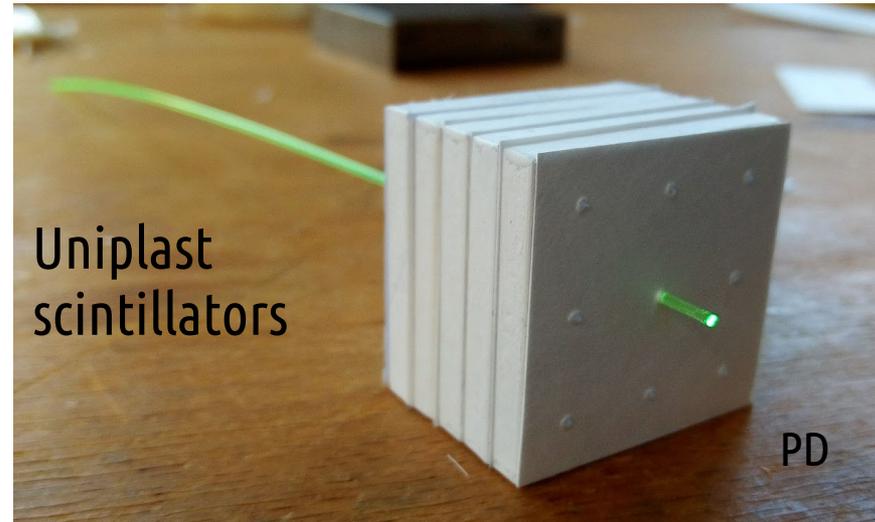
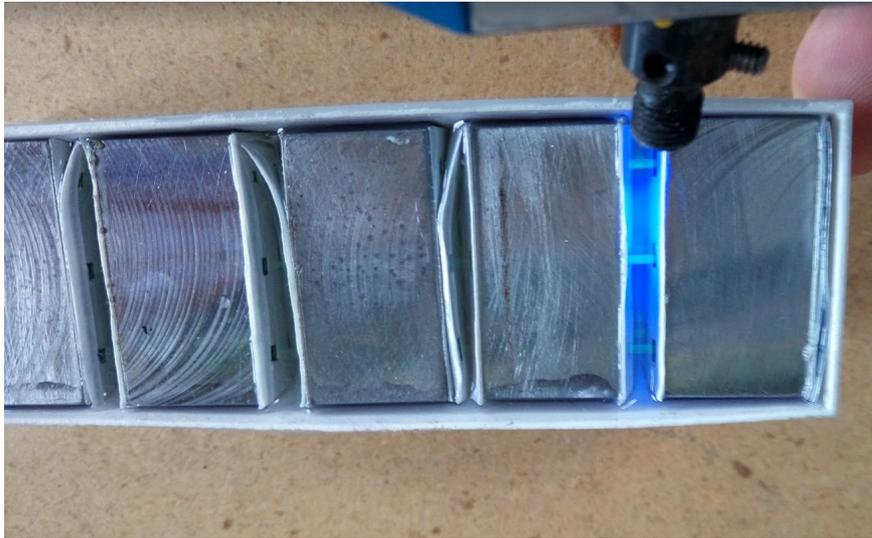


Photo-gallery

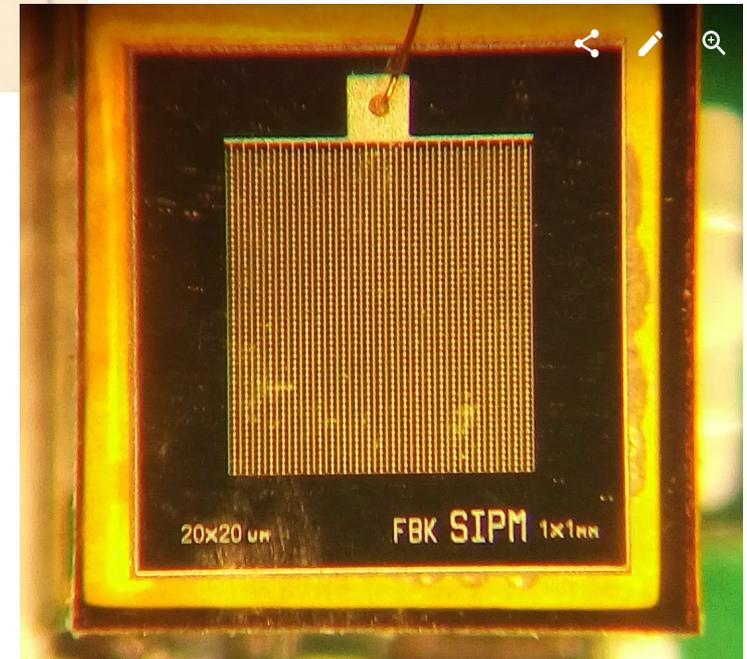
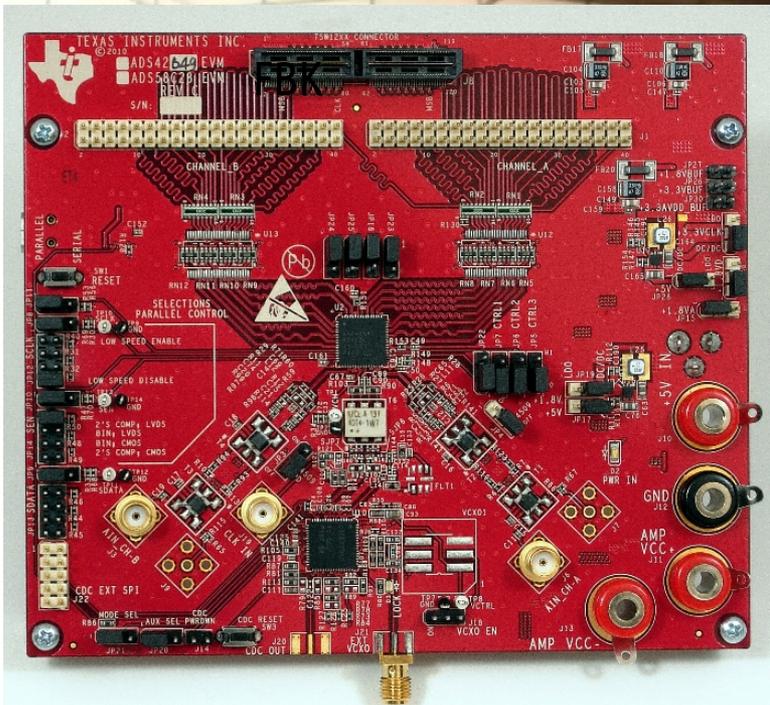
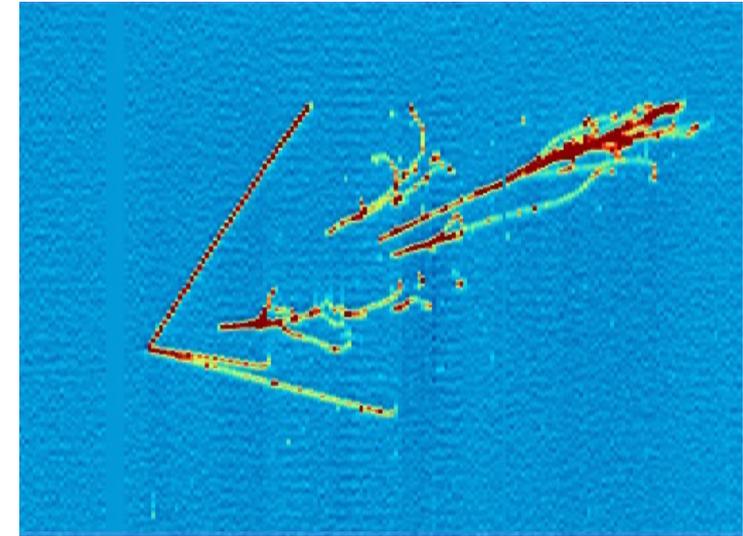


Photo-gallery

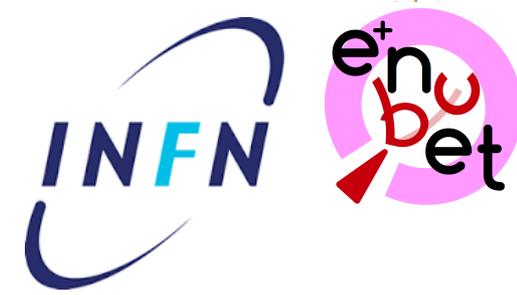
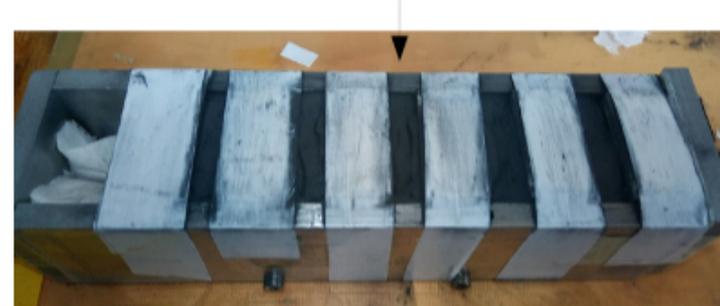


Photo-gallery



15mm Polisyloxane scintillator

15 Polisyloxane scintillator + 5mm Pb-powder

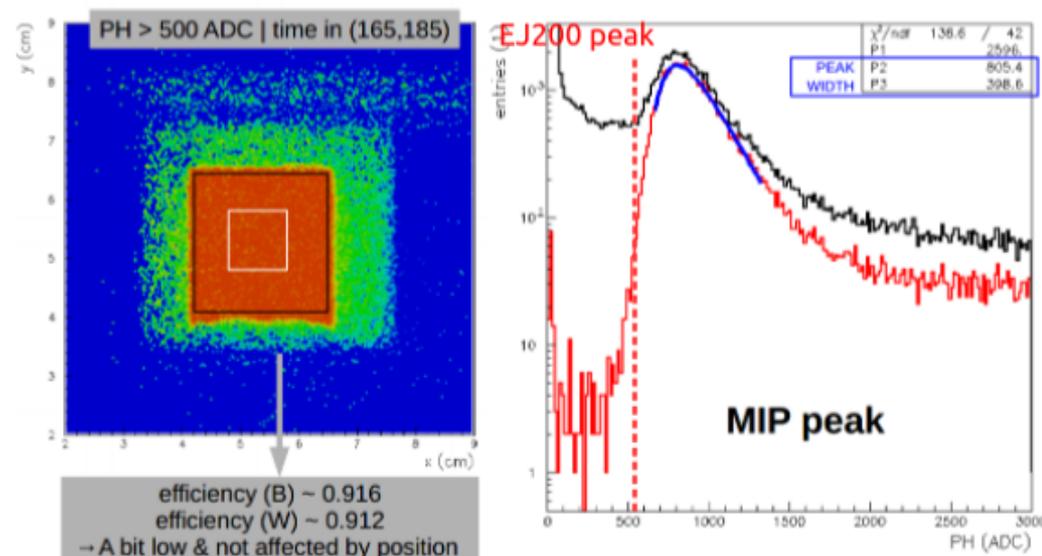
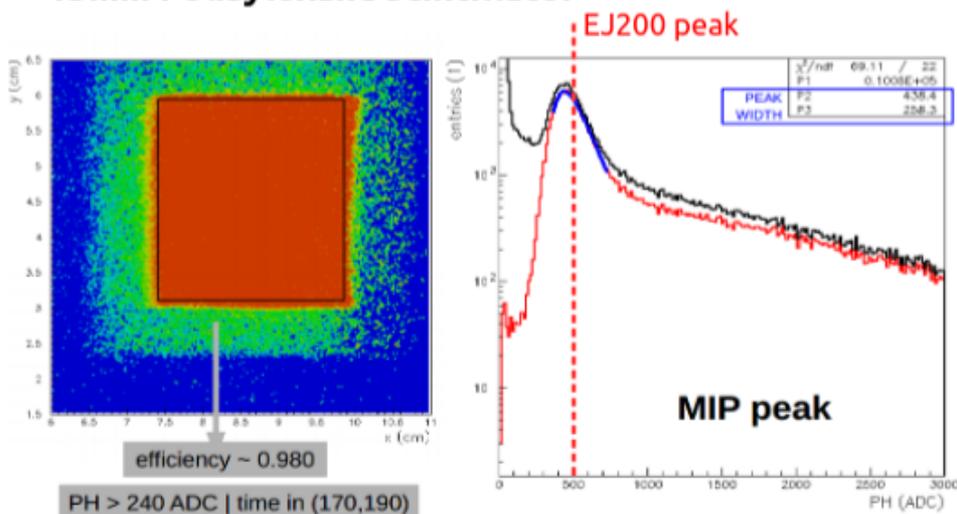
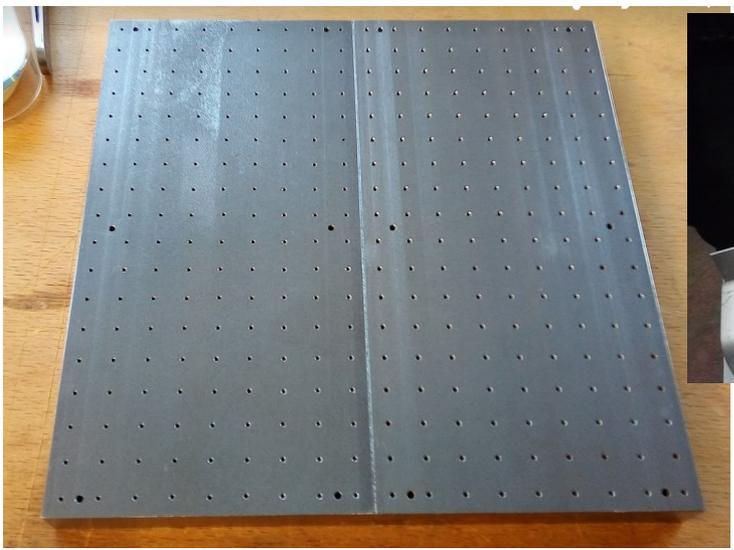
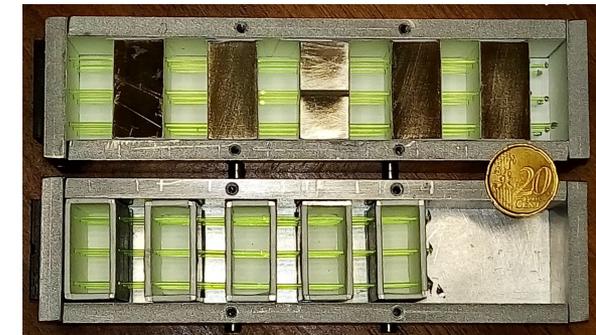


Photo-gallery

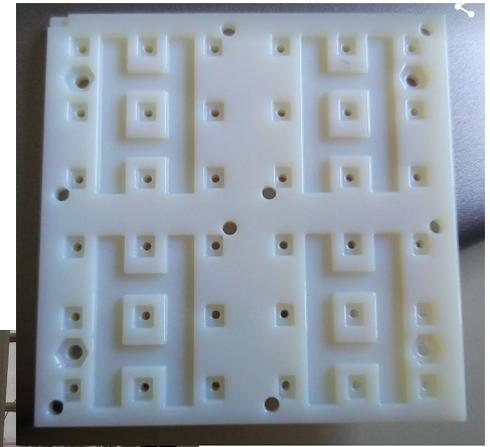
Drilling degli assorbitori cal. adronico (Nov. 2016)



Meccanica prototipi in polyxiloxane (Maggio 2017)



Stampa mascherine interfaccia tra WLS e SiPM (Lug. 2017)



Black box e cradle movimentazione per test beam (Nov. 2016)

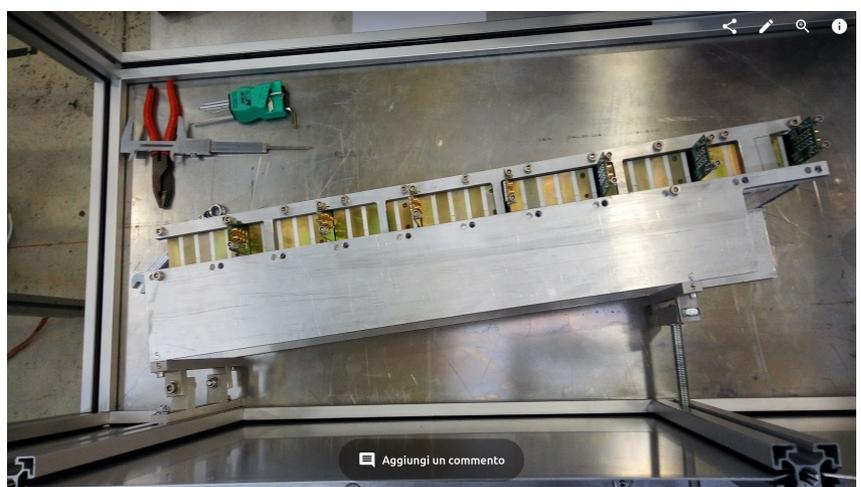


Photo-gallery

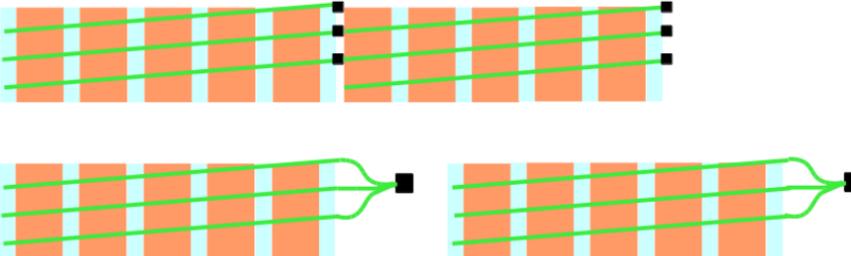
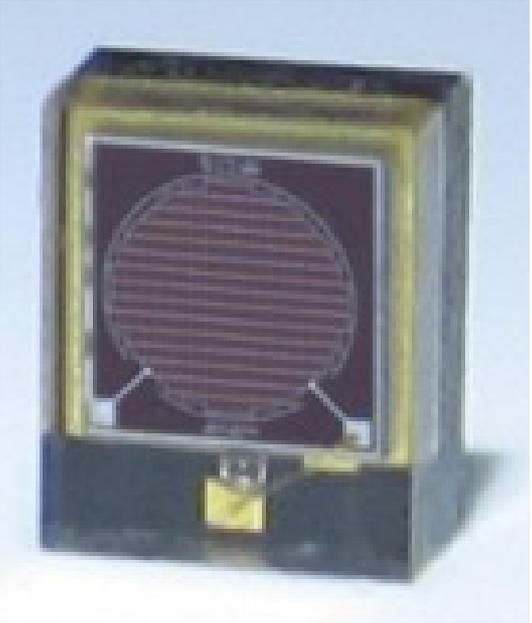
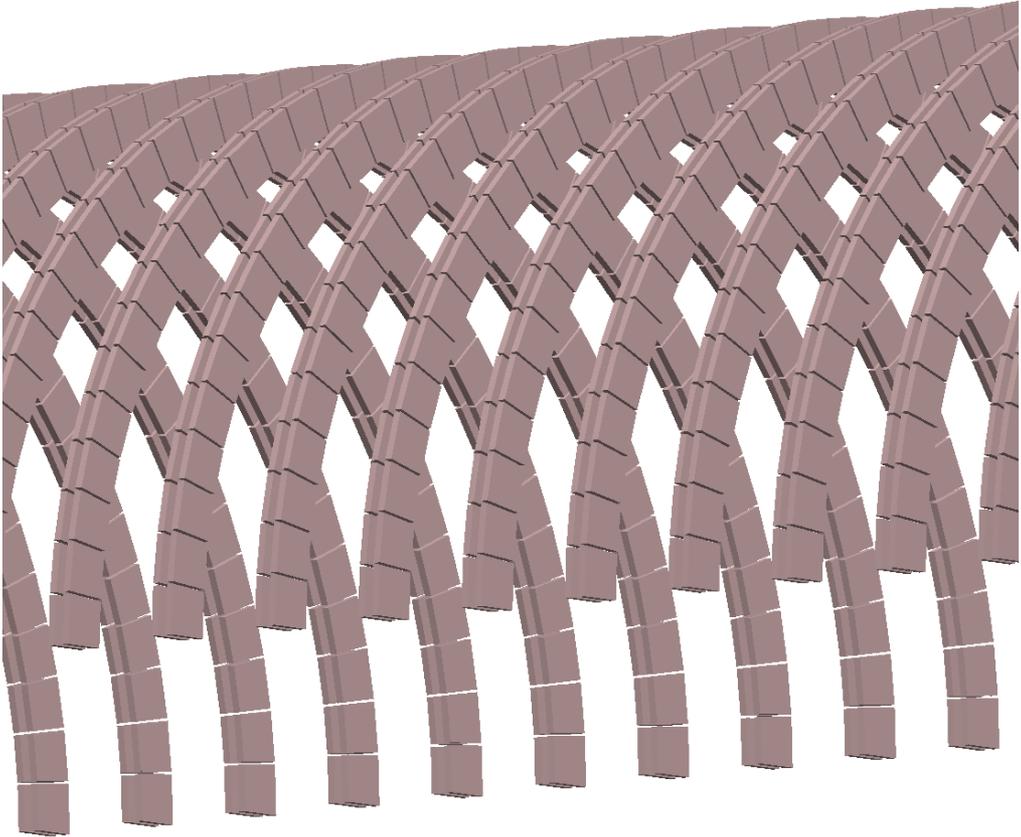
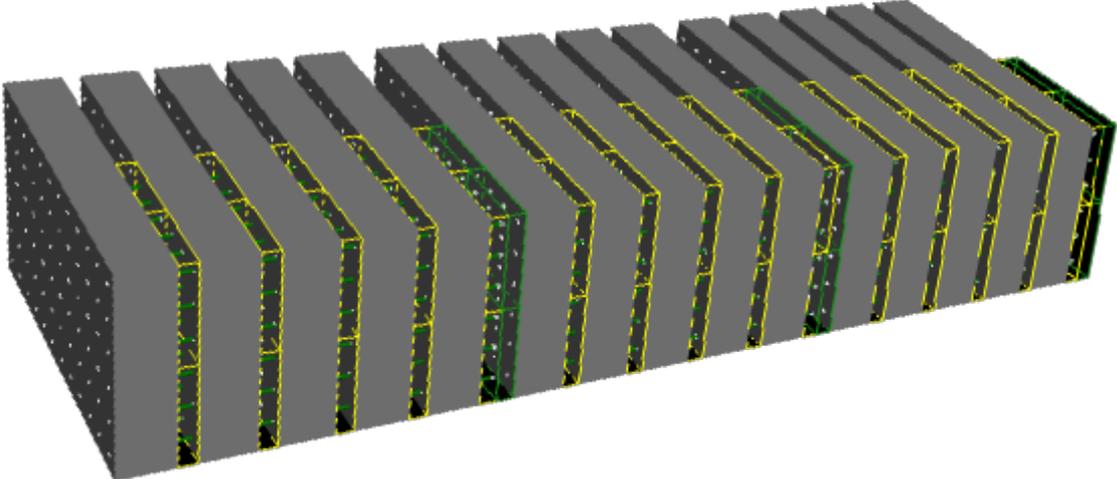


Photo-gallery





Enhanced **N**eUtrino **BE**ams from kaon **T**agging

Progetto approvato dallo European Research Council (ERC)

5 anni (06/2016 – 06/2021)

budget: 2 MEUR

ERC-Consolidator Grant-2015, n° 681647 (PE2)

P.I.: A. Longhin

Host Institution: INFN



41 fisici, 10 istituti: CERN, IN2P3 (Strasbourg), INFN (Bari, Bologna, Insubria, Milano-Bicocca, Napoli, Padova, Roma-I)

A. Berra^{a,b}, M. Bonesini^b, C. Brizzolari^{a,b}, M. Calviani^m, M.G. Catanesi^l, S. Cecchini^c, F. Cindolo^c, G. Collazuol^{k,j}, E. Conti^j, F. Dal Corso^j, G. De Rosa^{p,q}, A. Gola^o, R.A. Intonti^l, C. Jollet^d, M. Laveder^{k,j}, A. Longhin^{i(*)}, P.F. Loverre^{n,f}, L. Ludovici^f, L. Magaletti^l, G. Mandrioli^c, A. Margotti^c, N. Mauri^c, A. Mereaglia^d, M. Mezzetto^j, M. Nessi^m, A. Paoloni^e, L. Pasqualini^{c,g}, G. Paternoster^o, L. Patrizii^c, C. Piemonte^o, M. Pozzato^c, M. Prest^{a,b}, F. Pupilli^e, E. Radicioni^l, C. Riccio^{p,q}, A.C. Ruggeri^p, G. Sirri^c, F. Terranova^{b,h}, E. Vallazzaⁱ, L. Votano^e, E. Wildner^m

Nella CERN Neutrino Platform (NP03, PLAFOND)

