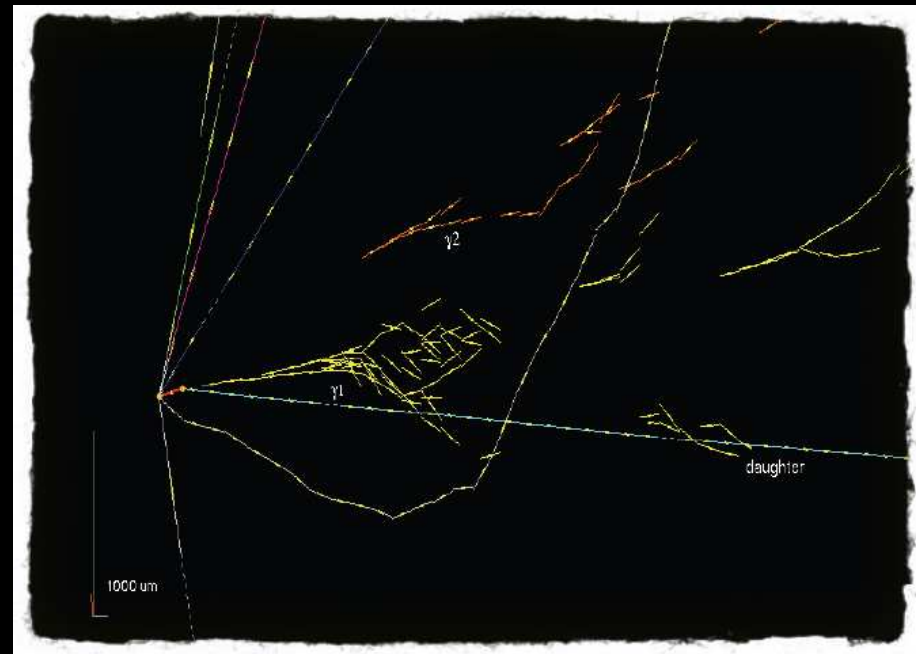
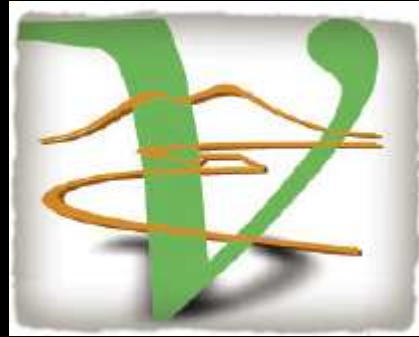


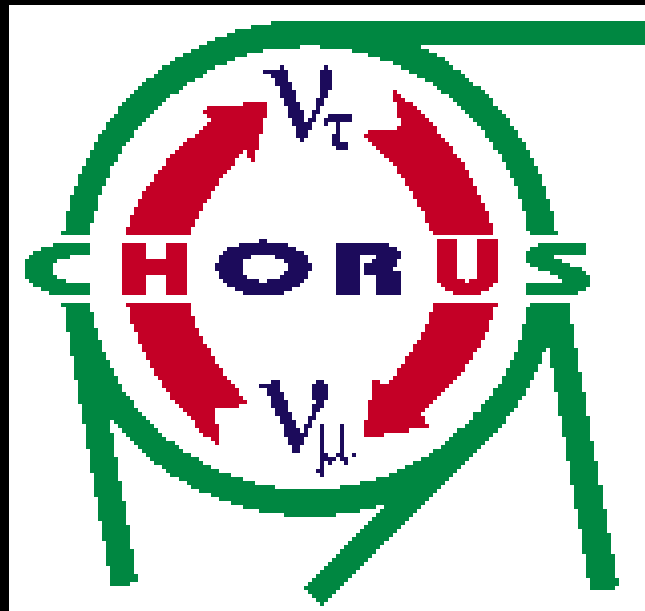
L'esperimento OPERA ed il neutrino tau: venti anni di ricerche

Nuove Tecnologie per il neutrino tau S. Buontempo





CHORUS

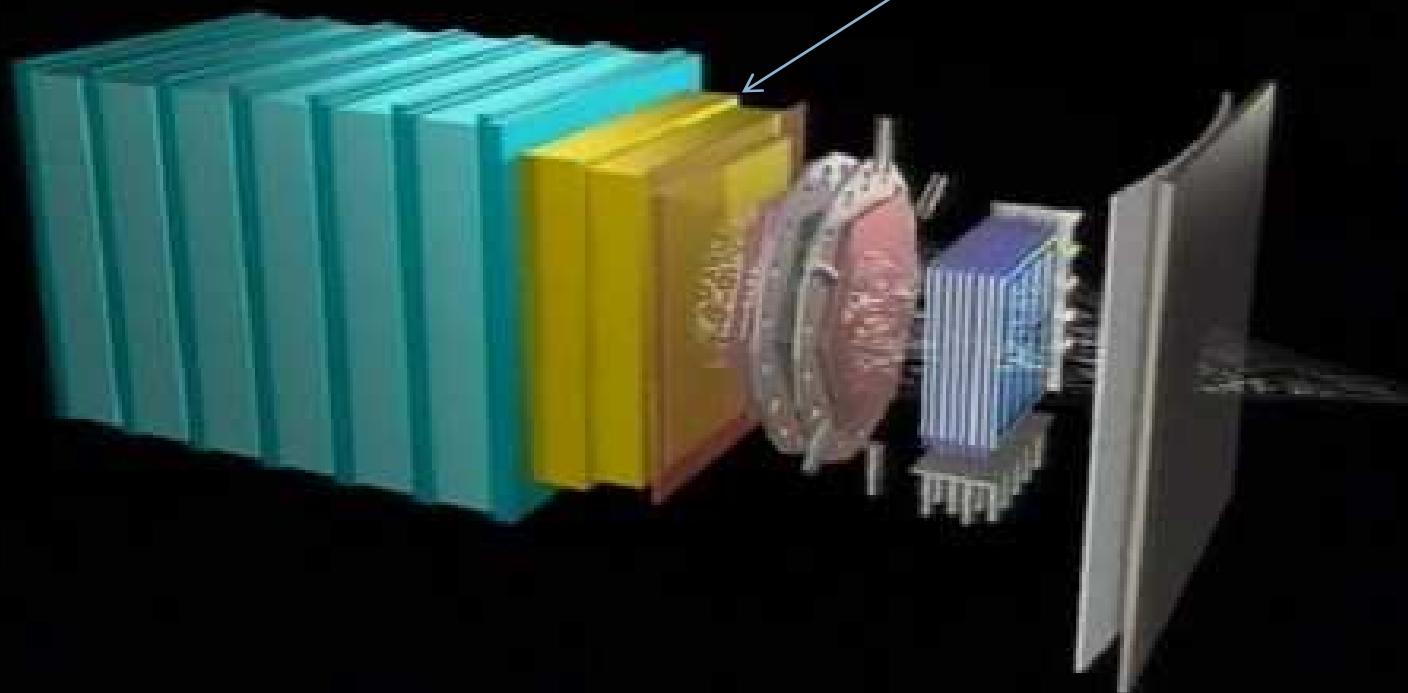




L'esperimento CHORUS



Il gruppo di Napoli ha partecipato in CHORUS fin dalla fase iniziale di progettazione completa del rivelatore (1990-1992), con responsabilità diretta della costruzione (1993) del Calorimetro Compensante e di parte dello scanning delle emulsioni nel laboratorio di Napoli (vedi presentazione V. Tioukov)





CHORUS: il calorimetro



La soluzione tecnologica del calorimetro “a spaghetti” SPACAL, a cui Napoli ha partecipato si dalla fase di R&D, ha permesso di fare un calorimetro compensante sia nella parte EM che HAD1 (400000 fibre utilizzate)

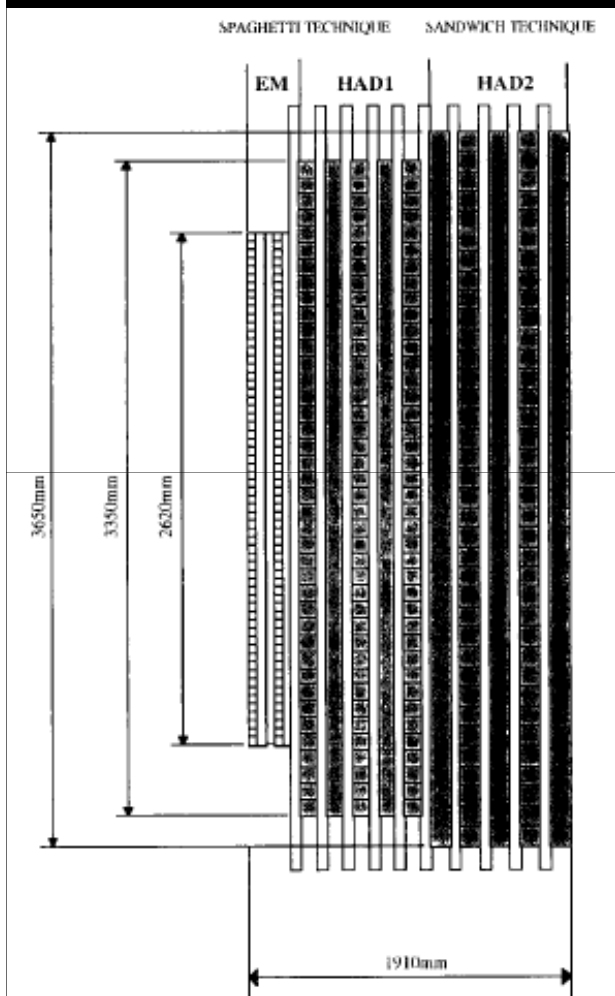
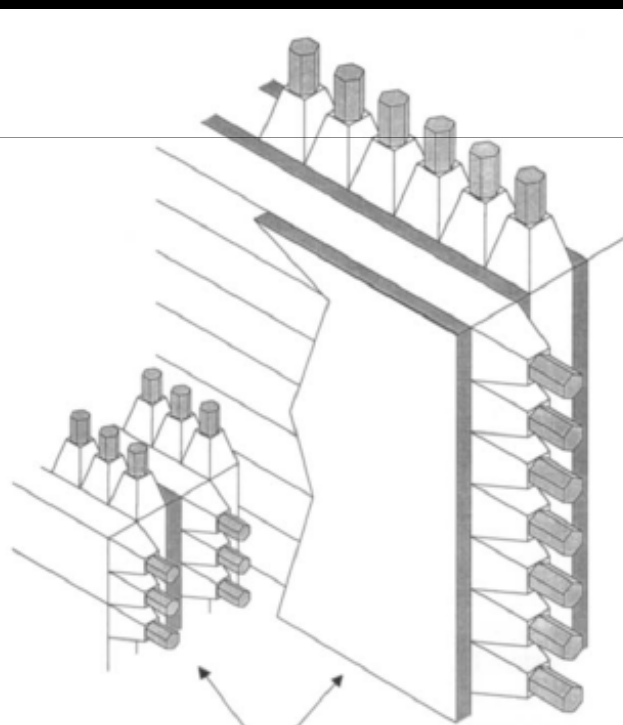


Fig. 2. Side view of the CHORUS calorimeter.



Streamer planes
Fig. 3. Isomeric view of EM and HAD1 sectors.

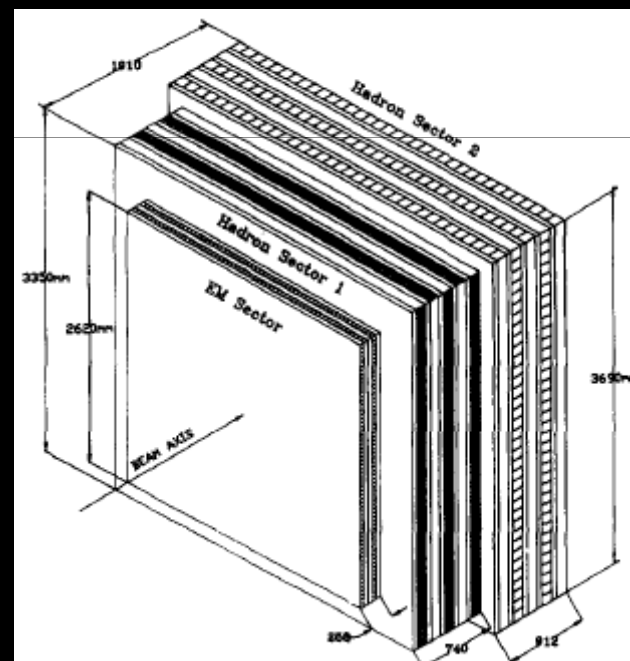


Fig. 1. Isometric view of the CHORUS calorimeter.



CHORUS: il calorimetro



La progettazione del calorimetro EM e' stata effettuata interamente a Napoli, con soluzioni del tutto innovative usate successivamente in altri esperimenti

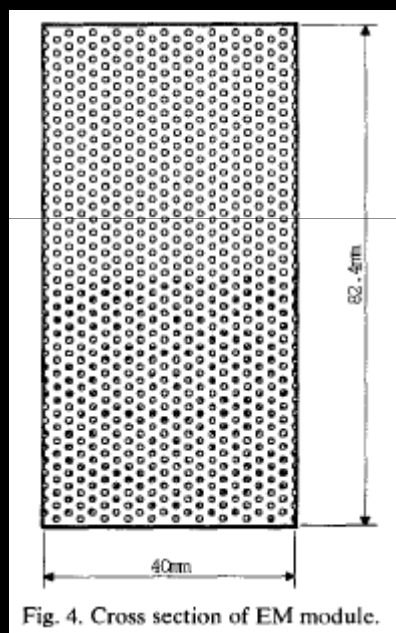


Fig. 4. Cross section of EM module.

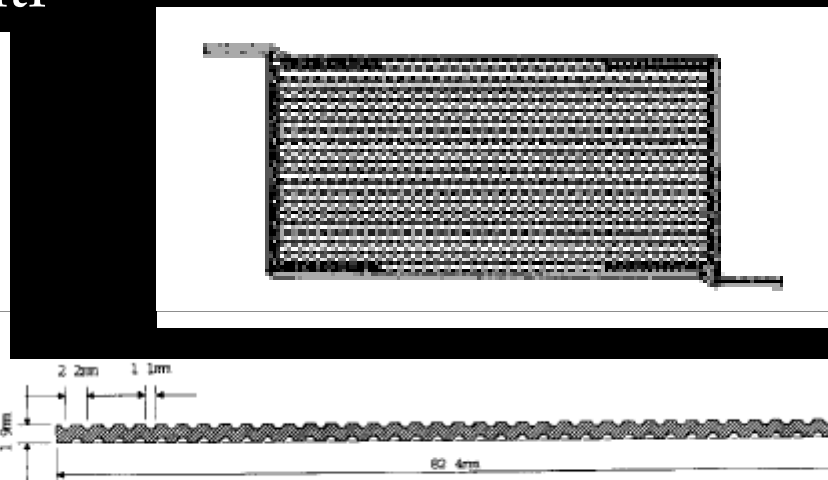
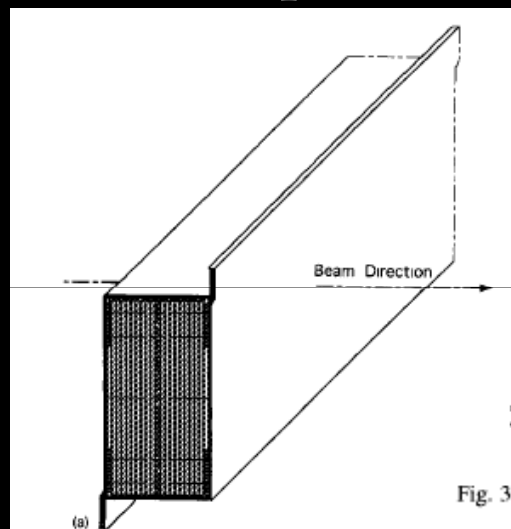


Fig. 3. Grooved lead sheet that constitutes the basic building element of EM and HADI-type modules.

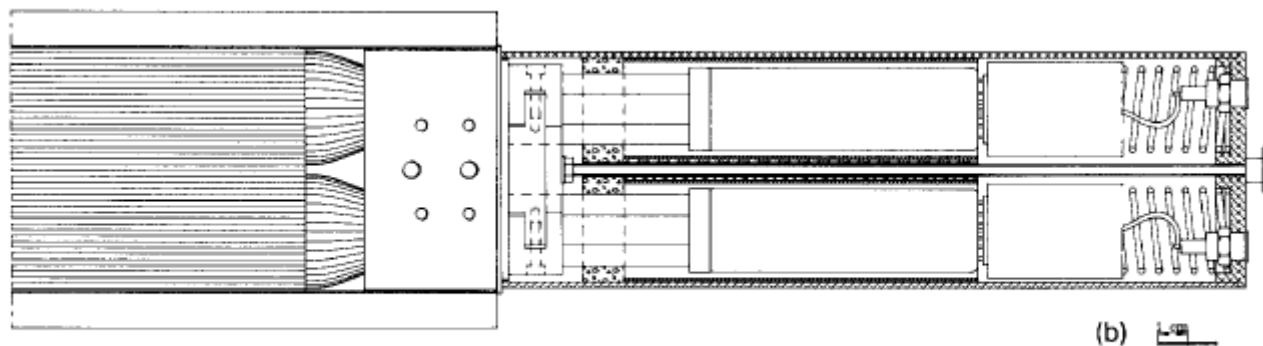


Fig. 2. (a) Cross section of EM-type module. The lead sheets are perpendicular to the beam direction, represented by the arrow. (b) Details of grouping of scintillating fibers and optical coupling in EM-type modules. The metal housing for the photomultipliers is also shown.

Meccanica
interamente
progettata in Sezione
e realizzata in OM



CHORUS: il calorimetro



La costruzione del calorimetro Elettromagnetico e' avvenuta interamente a Napoli nel Capannone Verde della Mostra d'Oltremare



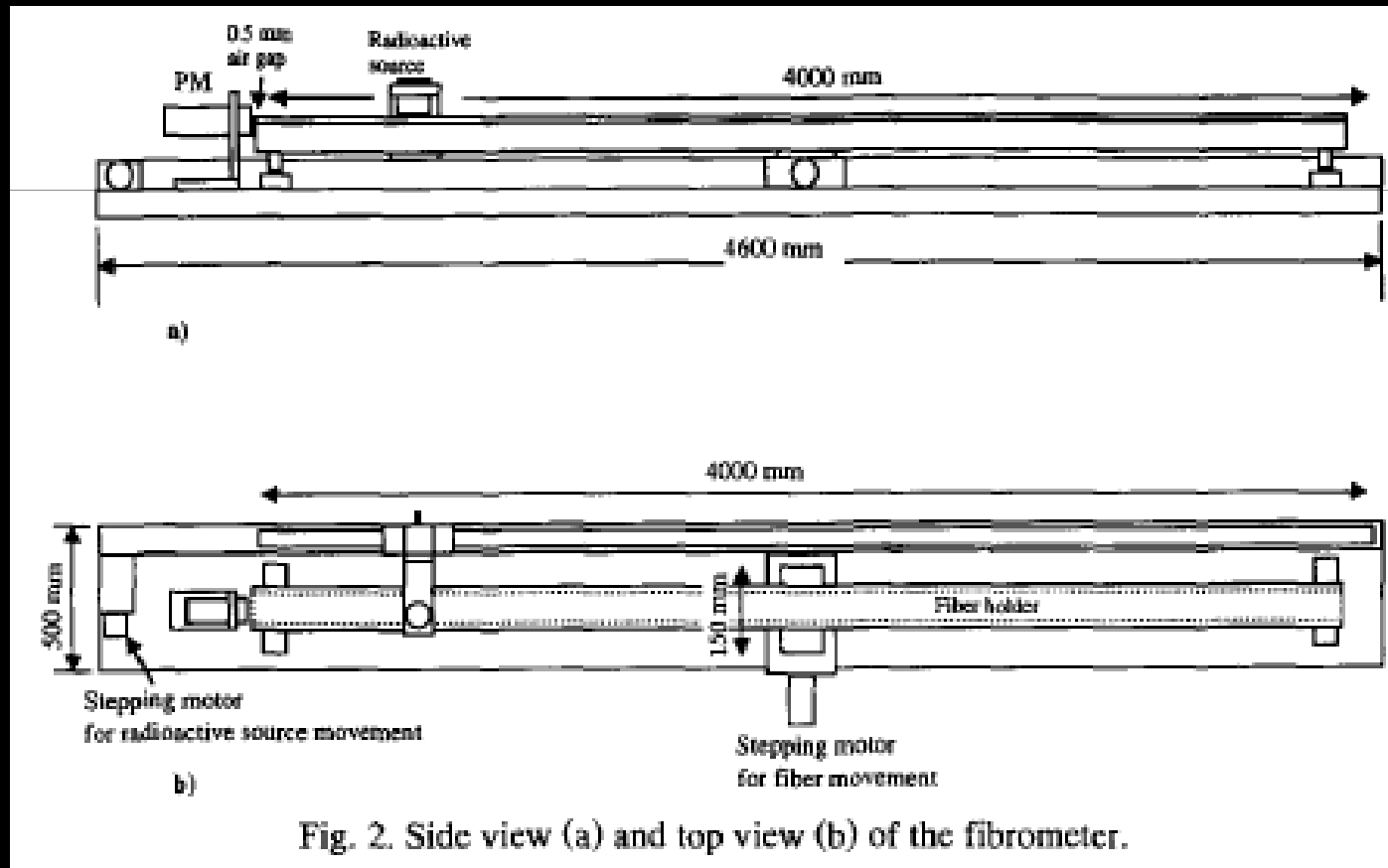
R. Rocco, L. Parascandolo, S.B.



CHORUS: il fibrometro



Il controllo di qualità delle fibre scintillanti (sia di EM che di HAD1) è stato effettuato interamente a Napoli sempre al Capannone Verde Mostra d'Oltremare, con uno strumento di nuova concezione





CHORUS: il fibrometro



Fig. 3. Photograph of the fibrometer.

Il sistema e' stato montato nel 1993 e ha lavorato per 6 mesi durante tutta la produzione delle fibre del calorimetro EM e HAD1, permettendo un controllo di qualita' senza rallentare la produzione.

Meccanica progettata in Sezione
e parti custom realizzate in OM
41 fibre/ora
Misura di emissione di luce e
Lunghezza di attenuazione
11 punti/fibra su fibre lunghe 3.8m

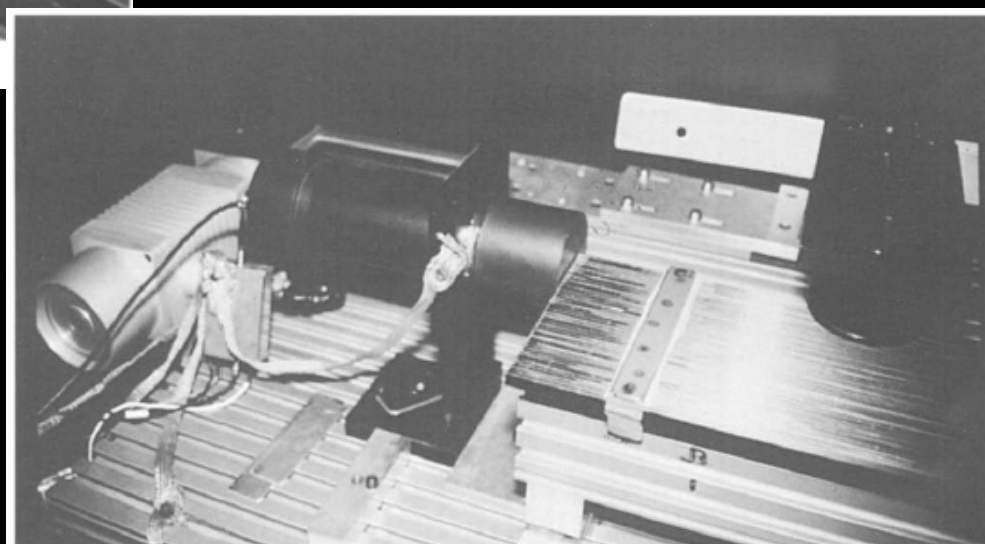
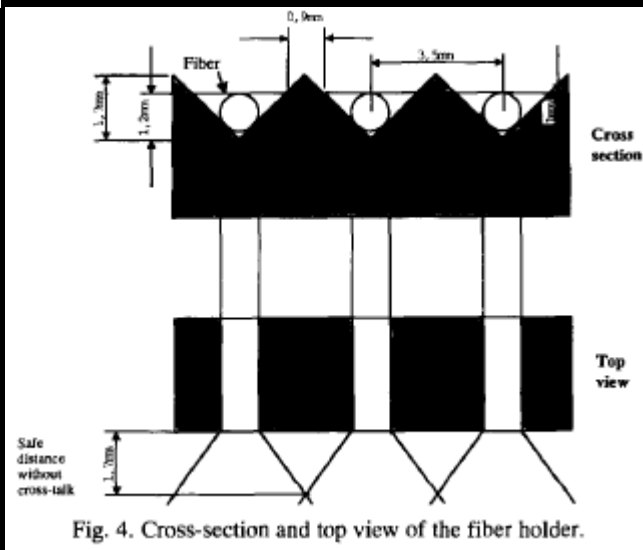


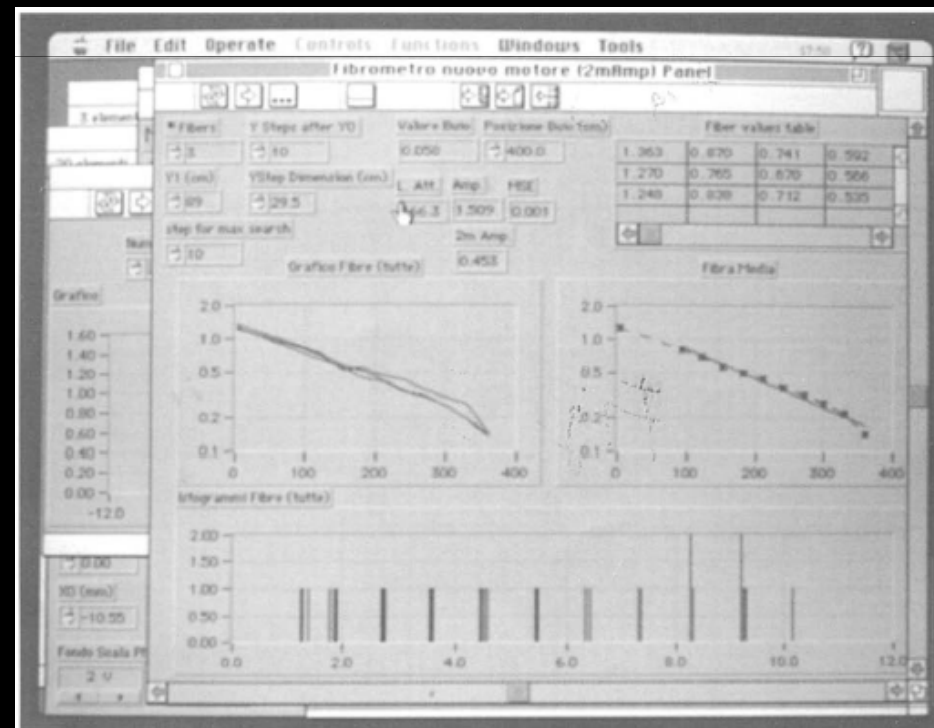
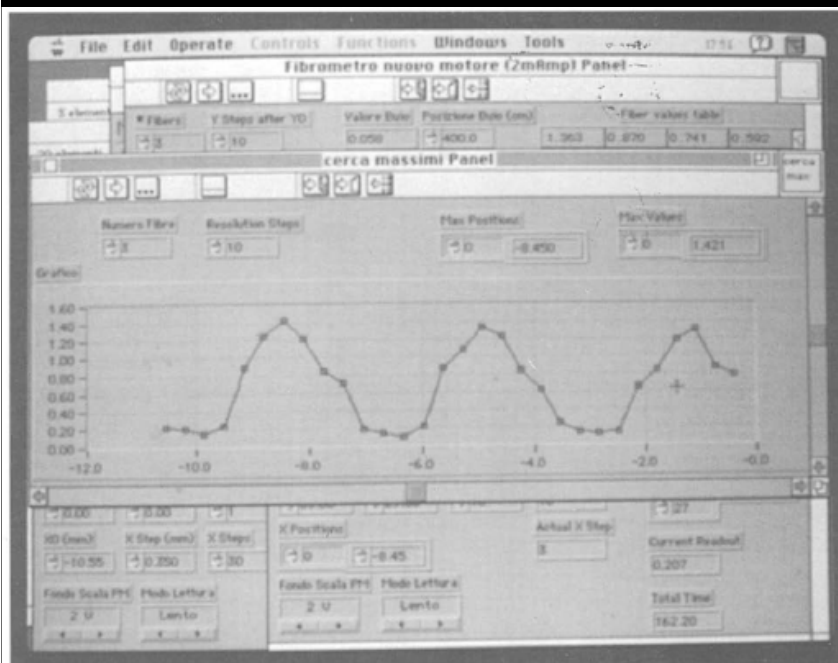
Fig. 6. Photograph of a detail of the fibrometer.



CHORUS: il fibrometro



Il sistema permetteva di scartare le fibre fuori specifica in termini di emissione ed attenuazione di luce : 12000 fibre misurate (41 fibre/h)



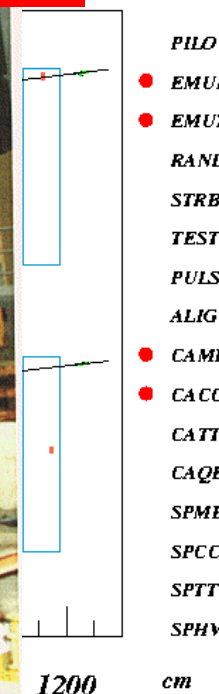


CHORUS: il rivelatore



L'esperimento ha funzionato stabilmente per un periodo di 4 anni 1994-98 (doppio a quello previsto inizialmente), senza effetti di invecchiamento delle fibre su calorimetro

... i moduli di EM sono stati poi utilizzati nel 2000 per un test beam a Fermilab, successivamente sono stati montati nell'esperimento HARP al CERN 2001-2005 e poi sono tornati a Fermilab per SciBoone 2005-.... e che io sappia non hanno mai dati problemi di funzionamento





OPERA





OPERA: il concetto

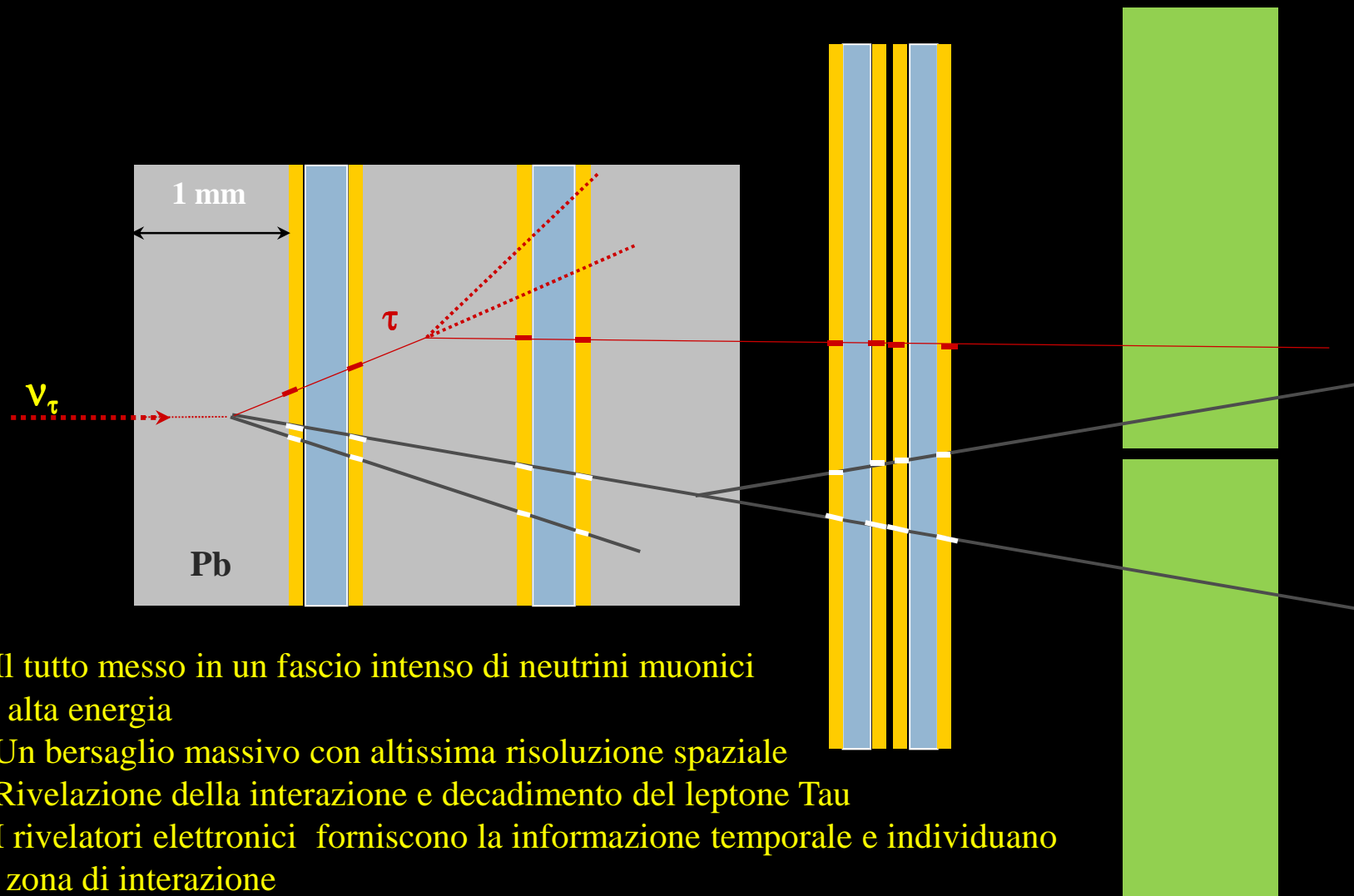


Rivelatore Ibrido =

emulsioni nucleari

+

rivelatori elettronici



- Il tutto messo in un fascio intenso di neutrini muonici di alta energia
- Un bersaglio massivo con altissima risoluzione spaziale
- Rivelazione della interazione e decadimento del leptone Tau
- I rivelatori elettronici forniscono la informazione temporale e individuano la zona di interazione



OPERA: la realta'



← SM1 →

← SM2 →

Il gruppo OPERA-Napoli e il personale tecnico amministrativo della Sezione di Napoli hanno partecipato a tutte le fasi di OPERA: dalla concezione alla progettazione, prototipazione, costruzione, montaggio al GS, messa a punto ed operazione



Mi soffermerò maggiormente sulle parti del rivelatore più innovative, in cui Napoli ha contribuito direttamente e in modo determinante



OPERA: la progettazione



Il rivelatore ha subito “alcune e minime” varianti prima di arrivare alla versione finale

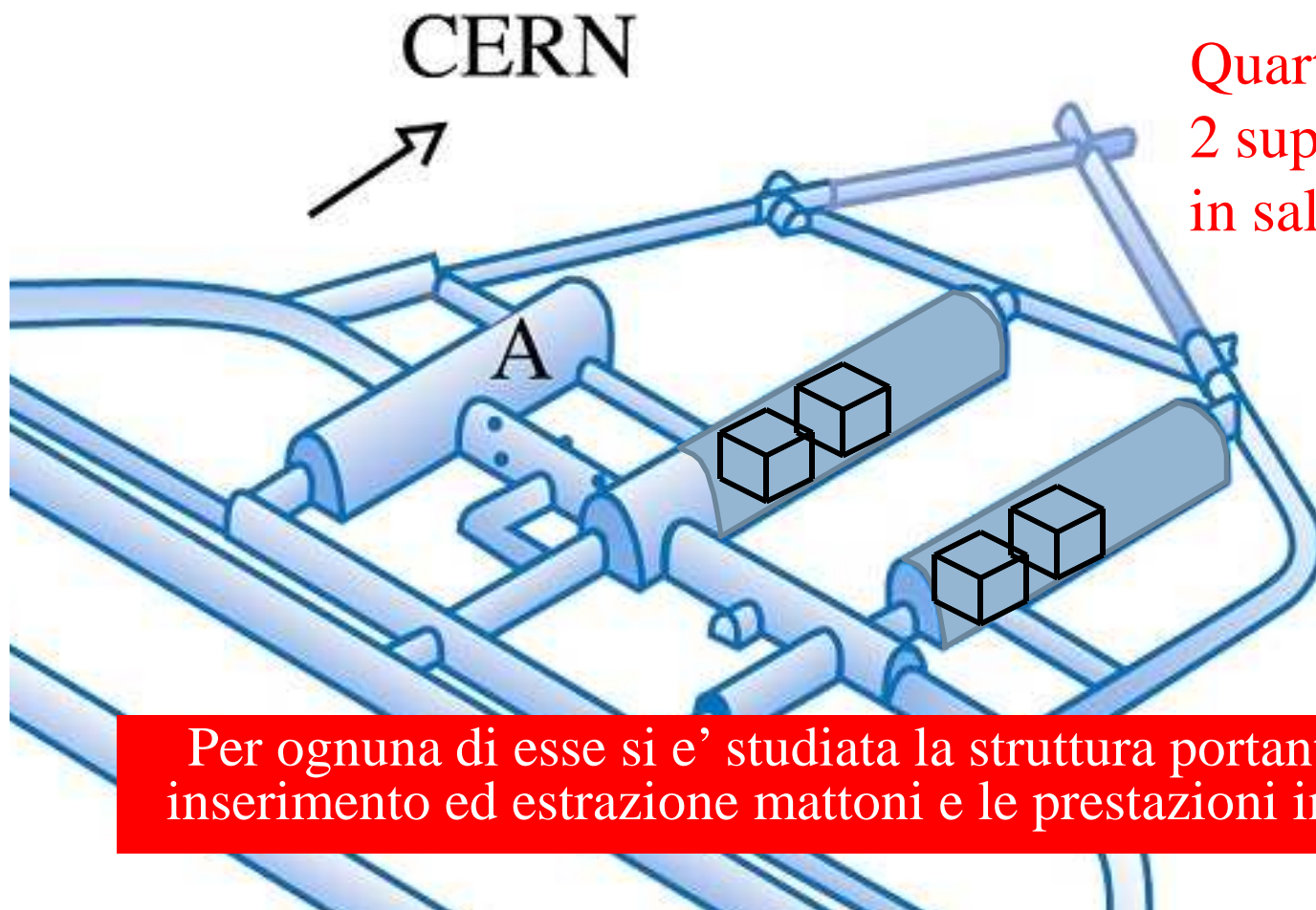




OPERA: Progettazione

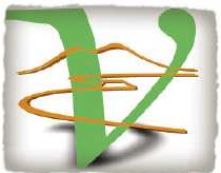


Le dimensioni del rivelatore e la sua collocazione nel laboratorio sotterraneo del Gran Sasso



Quarta versione:
2 supermoduli piu' grandi
in sala B o in sala C

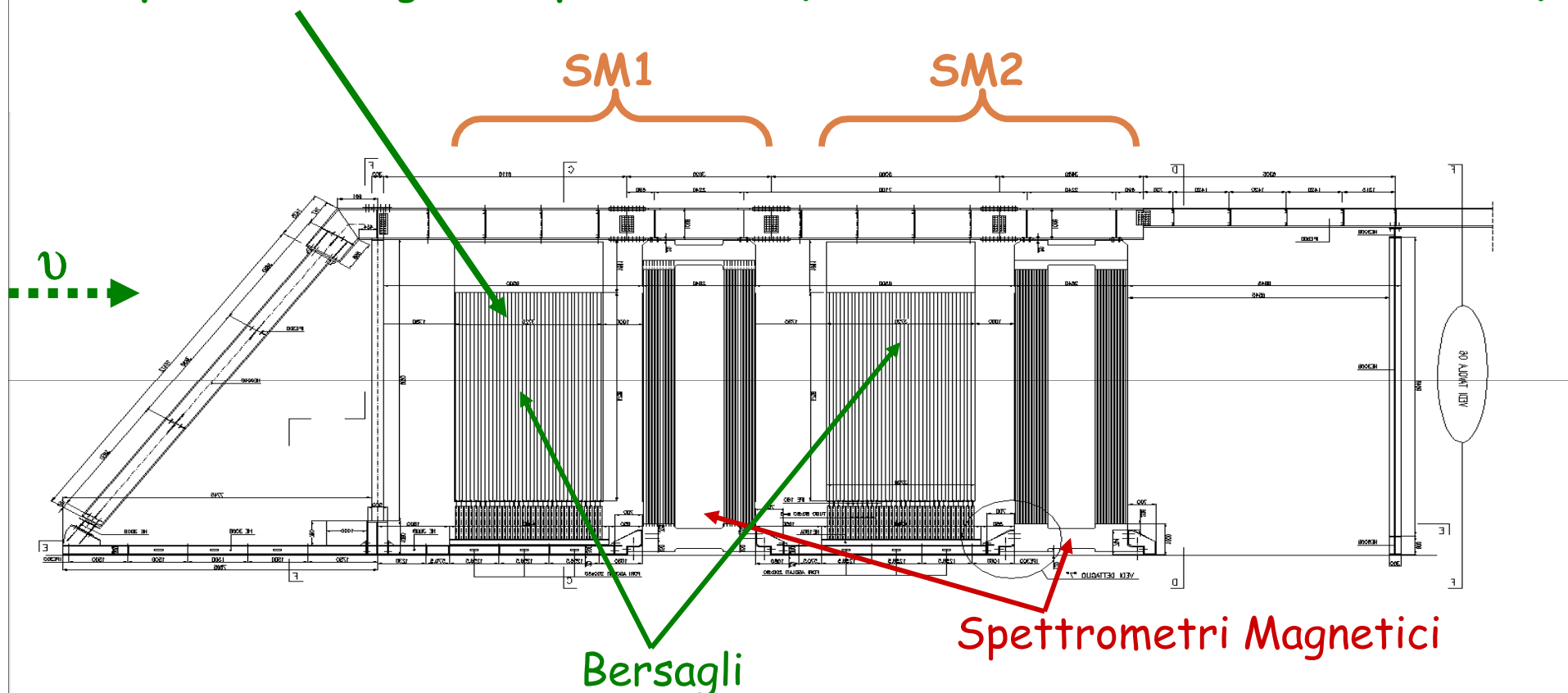
Per ognuna di esse si e' studiata la struttura portante, la logistica di inserimento ed estrazione mattoni e le prestazioni in termini di fisica



OPERA: versione finale 2SM da 31 wall in sala C



31 piani di bersaglio / supermodulo (in totale: 150036 Mattoni, 1250 tons)



Proposta: **Luglio 2000**,
Installazione riv. elettronici al LNGS: **Settembre 2003 - Giugno 2007**
Produzione e riempimento mattoni: **Marzo 2007 - Giugno 2008**
Primi eventi di neutrino in rivelatori elettronici : **18 Agosto, 2006**
Primi eventi di neutrino in mattoni : **2007 (36 eventi in 10 gg di fascio)**

Struttura di appoggio per piani verticali di ferro del magnete

**Parte inferiore
bobbina**

Struttura Antisismica

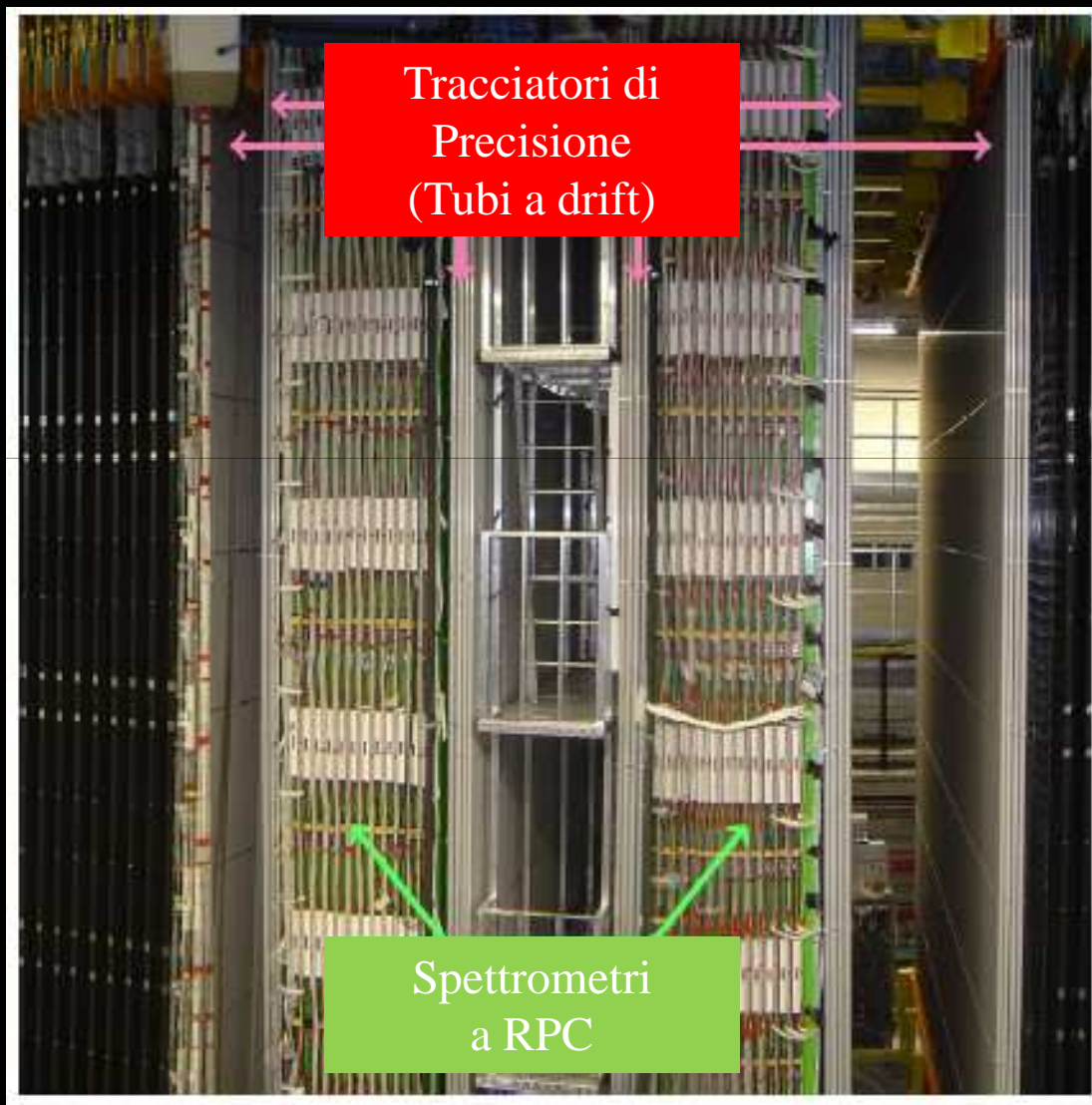
Base magnete 2

Assemblaggio del Magnete in sala C, Settembre 2003





OPERA: lo spettrometro



- Un campo magnetico di 1.52 T devia le particelle nel piano orizzontale
- 24 piani di ferro magnetizzato sono alternati con 22 piani di RPC
- 6 stazioni di tubi a drift permettono la misura di precisione della deviazione angolare
- risoluzione in momento: 20% per energie inferiori a 30 GeV



OPERA: RPC



- 3200 m² di RPC in Bakelite funzionanti in modalita' streamer per:
- Identificazione del Muone
- ricostruzione dell'energia adronica negli spettrometri
- trigger per i piani di drift tubes

Napoli ha partecipato alla fase di installazione al GS in sala C sia con personale di Sezione che con la ditta HiTech2000

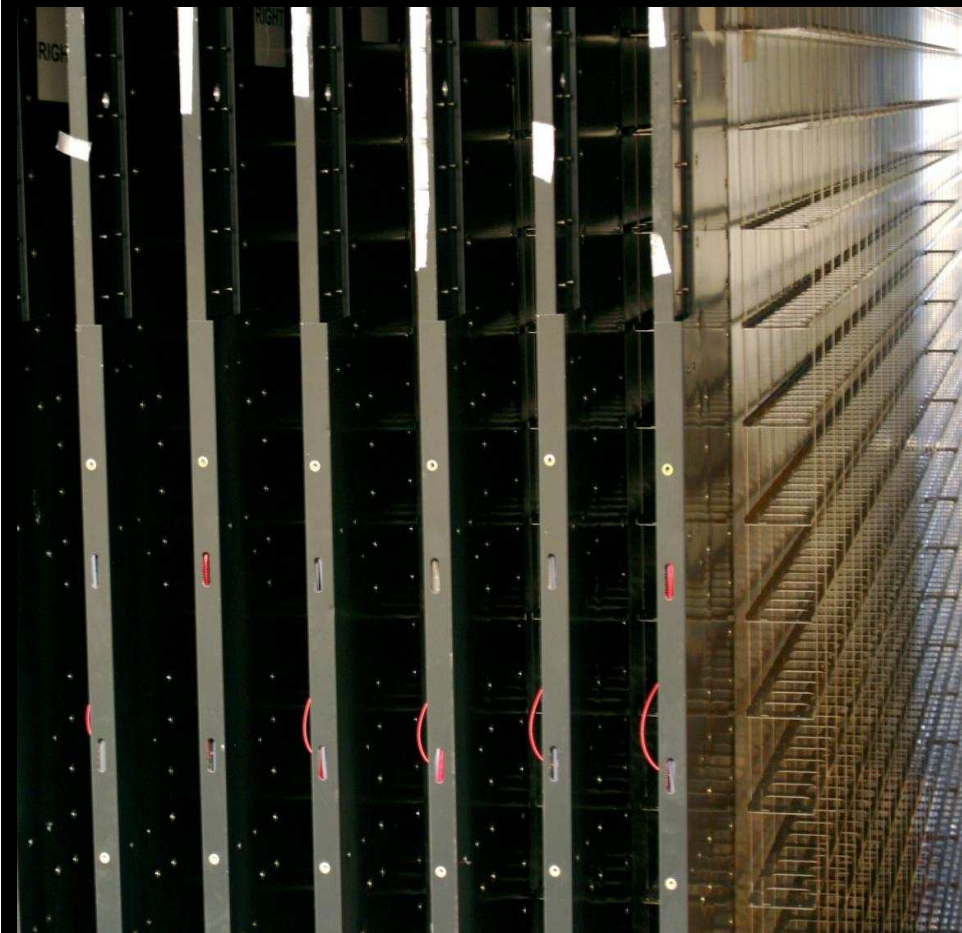




OPERA: il bersaglio



1 supermodulo = 31 Wall + 31 piani di scintillatore plastico



Wall: ↑

Stabilità di posizionamento per un carico di migliaia di tonnellate e massa aggiuntiva inferiore allo 0,5% del carico supportato



Tracciatore a scintillatore
plastico nel bersaglio:

> 5 p.e. for a m.i.p.

~ 99% efficienza di rivelazione ⇒ trigger

Precisione in posizione : ~8 mm

Precisione angolare : ~ 20 mrad



OPERA: Wall



La scelta della struttura finale delle Wall e' stata legata alle dimensioni del supermodulo, alle caratteristiche tecniche dei mattoni e alla tecnica di inserimento/estrazione mattoni

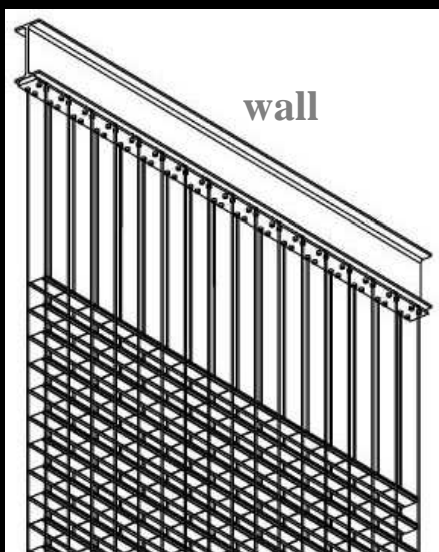




OPERA: Wall prototipo



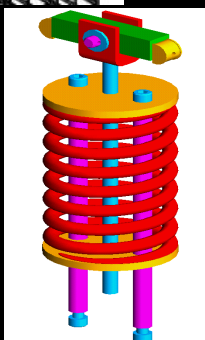
Giugno 2004



Altezza ~ 6.7 m



Tensionamento dal basso con 3224 tensionatori progettati in Sezione e tutti realizzati in OM Napoli



Prova di carico con brick di ferro



Novembre 2004: Il primo carico di 2 Semi-Wall arriva al laboratorio sotterraneo del Gran Sasso

In quest'immagine si vede il tir che manovra a retromarcia per entrare nella galleria di OPERA, rientrando perfettamente nelle dimensioni di passaggio precedentemente studiate.





Dopo l'ingresso, la struttura di sostegno è stata scaricata con l'ausilio di appositi ganci di sollevamento.



E' stato rimosso l'imballaggio, per procedere successivamente alla separazione dei due semi-telai, abbinati rispettivamente alle semi-wall destra e sinistra.





Da qui si vedono le operazioni di inserimento e di posizionamento della semi-wall di sinistra...

...in seguito le corrispondenti operazioni per la semi-wall di destra: il telaio è attrezzato con una rotaia superiore che ha consentito un corretto inserimento-disinserimento con la massima sicurezza.





Dopo aver inserito la semi-wall in prossimità della sua posizione, si sono montati i tiranti regolabili che hanno in seguito consentito il corretto allineamento verticale della struttura.



Nel frattempo, la trave inferiore veniva collegata alla pavimentazione strutturale per mezzo di colonne opportunamente snodate.



La prima Wall montata ed allineata senza problemi



Per il corretto posizionamento delle semi-wall sono state incollate delle mire ottiche sui blocchetti di riferimento fresati sulla trave superiore: essi costituiscono la geometria di riferimento per posizionare i vassoi.





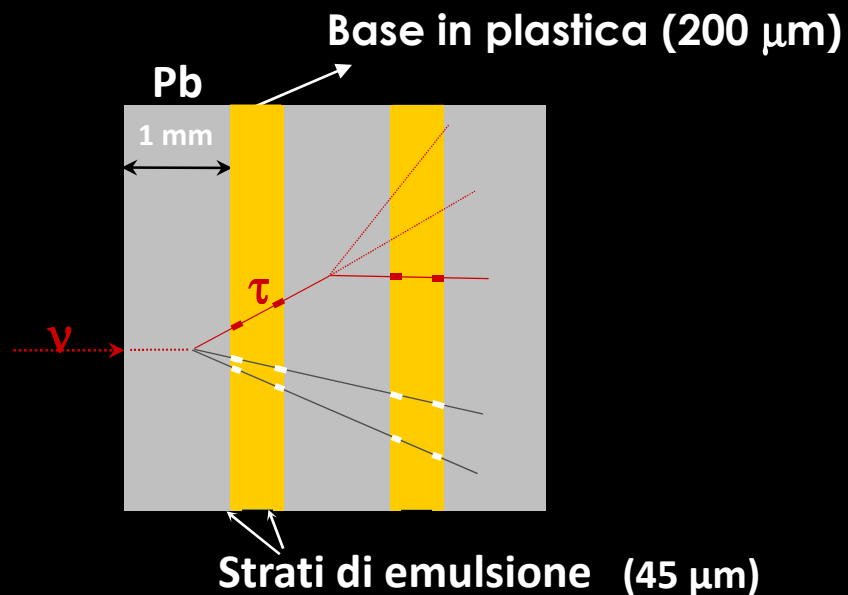
OPERA: Brick



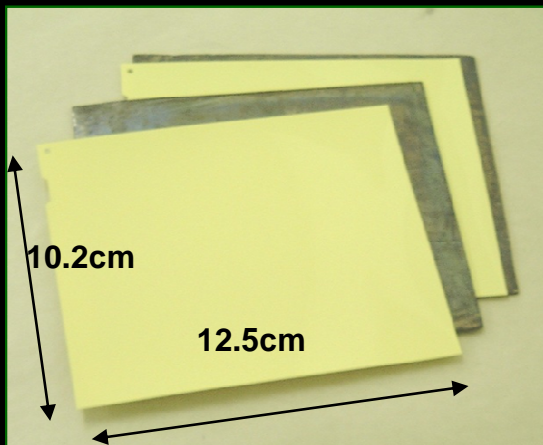
56 fogli di Pb (ognuno di spessore 1 mm)
57 Film di Emulsioni (ognuno di spessore 300 μm)



8.3 kg 10 X_0



Doppio foglio di emulsione esterno



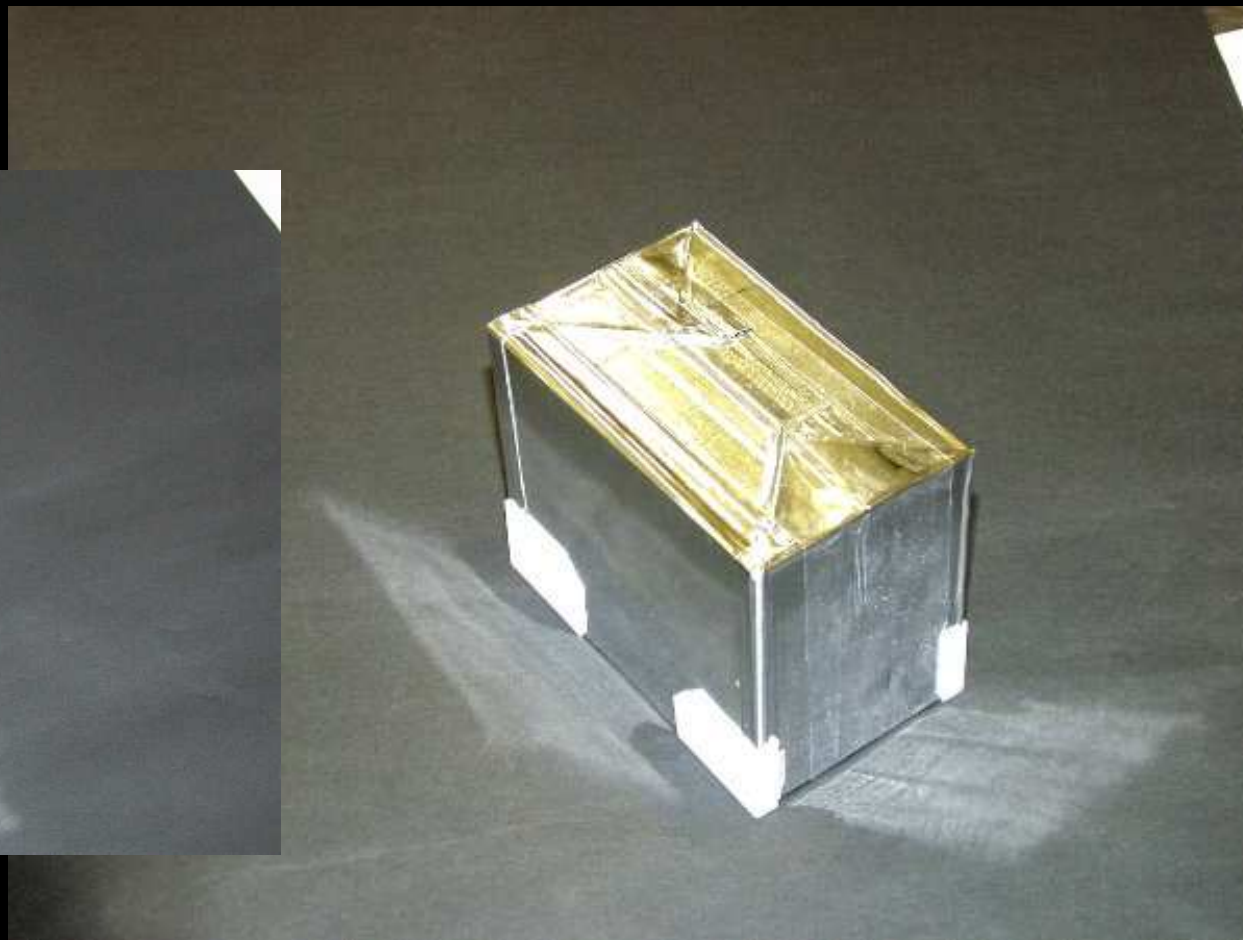
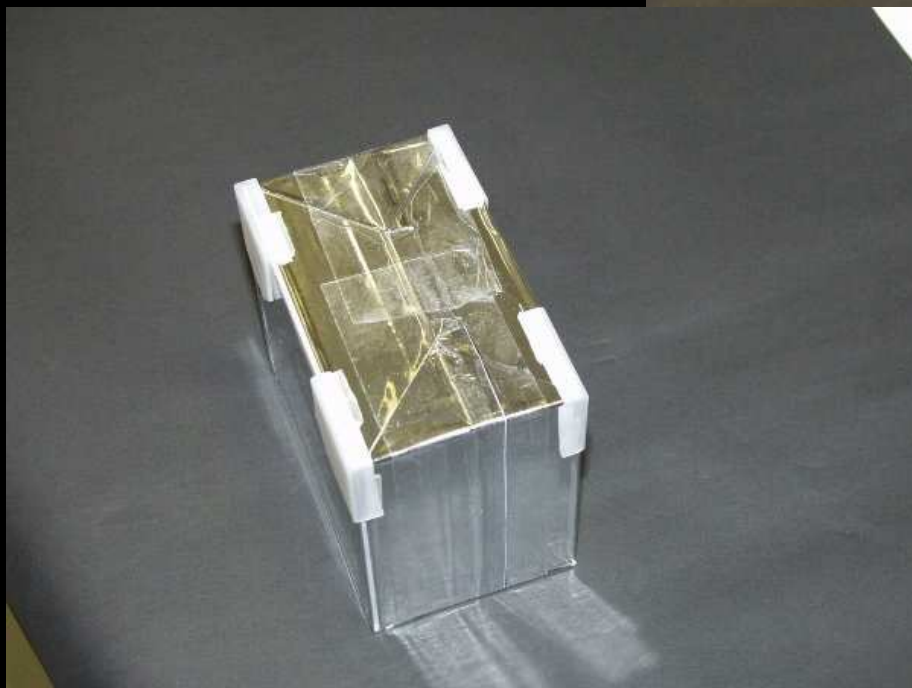
2 Fogli di emulsione
posizionati dietro ogni
mattone per
confermare le tracce
nel brick indicato dalle
predizioni dei rivelatori
elettronici



OPERA: Brick



Soluzione iniziale sottovuoto, limiti di tenuta nel tempo
e problemi di avvelenamento chimico emulsioni

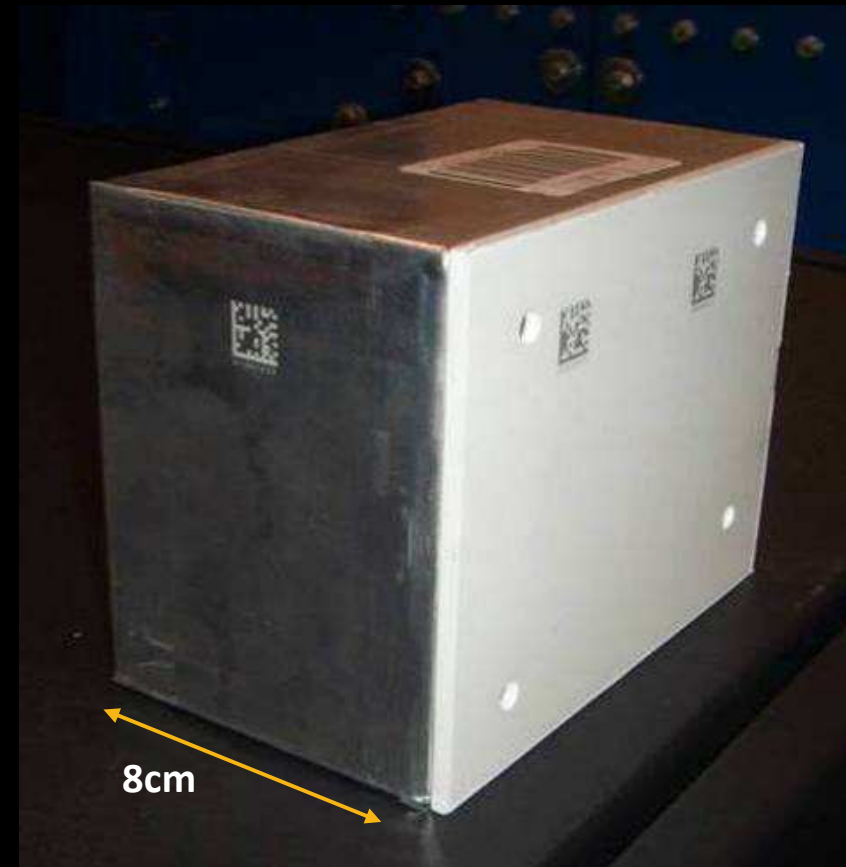
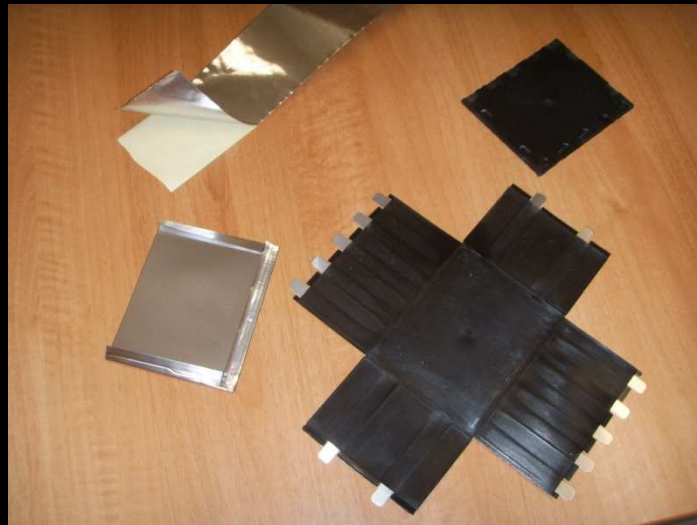




OPERA: Brick



Soluzione finale meccanica, prototipi, specifiche tecniche





OPERA: Piombo



Specifiche tecniche (ottenute):

- $\pm 5 \mu\text{m}$ planarita'
- $\pm 5 \mu\text{m}$ spessore
- $\pm 50 \mu\text{m}$ dimensioni trasversali
- pulizia classe 10000
- Assenza di corrosioni in superficie
- Non aggressivo chimicamente per le emulsioni
- Basso livello di radiazione naturale (80 Bq/Kg)

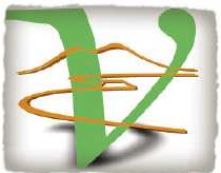


Progetto congiunto di R&D tra OPERA e Industria (JL Goslar Germania) per garantire le specifiche tecniche su una larga quantita' di lastre :

9.2 milioni di pezzi per un totale di 1300 tonnellate

Piombo antimonio, Piombo calcio (0.04%), piombo colaminato, problematica di radioattivita' (alfa)

Specifiche tecniche per trasporto e produzione brick

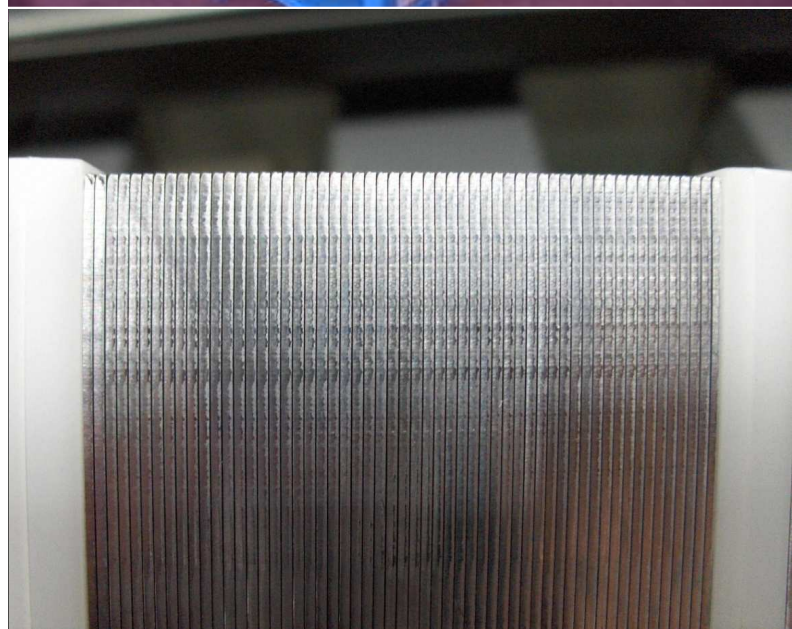


OPERA: Piombo



Le casse di trasporto devono garantire la qualità e fungere da caricatori per la produzione Brick. Prototipi fatti in Sezione di Napoli OM

1000 casse prodotte da HiTech2000





OPERA: Piombo



Le casse di trasporto hanno dovuto garantire la qualità' e fungere da caricatori per la produzione Brick.

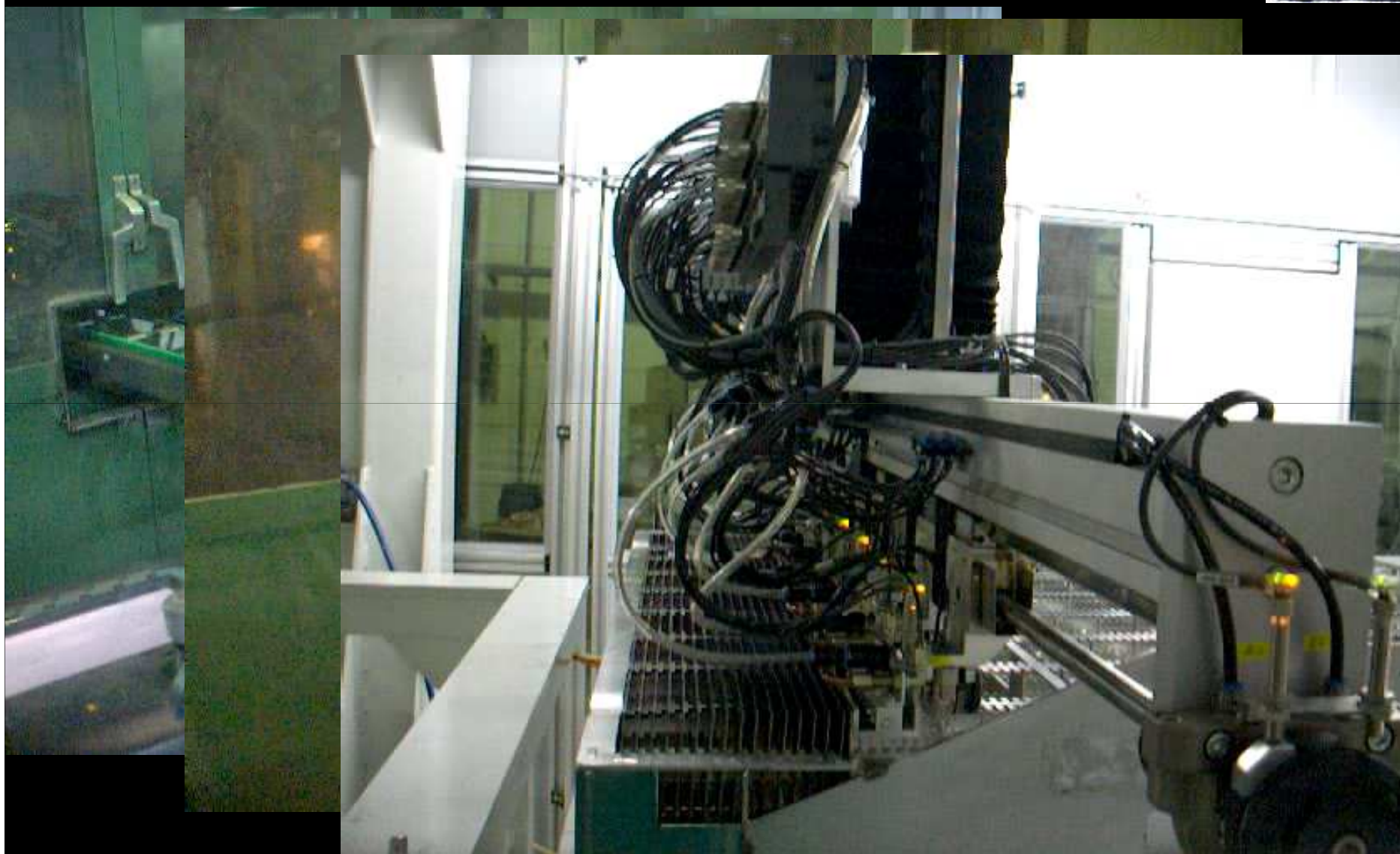
19000 navette in plastica prodotte

+ 1200 sistemi di spinta delle navette nelle casse





OPERA: Piombo



Alcune fasi di produzione, misure e lavaggio in JL Goslar



OPERA: Il primo trasporto di Piombo al LNGS a Giugno 06



75 TIR da
Francoforte a
LNGS fino a
marzo 2008





OPERA: la BAM Brick Assembly Machine

Napoli ha partecipato in modo determinante a tutte queste fasi e alla operazione per 18 mesi al GS (2007-2008)

- Definite delle specifiche tecniche per un impianto automatico valido sia per soluzione di imballaggio sottovuoto che meccanico, con un costo di max 2 Meuro (2003)
- Preparazione del sito BAM al GS in parallelo alla progettazione della linea di produzione (2004-2006)
- Progettazione, prototipazione e realizzazione della BAM con ditta TecnoCut srl (assegnataria della gara per un costo di 1.45 Meuro) (2004-2007)



OPERA: Sito BAM LNGS



Aprile 2004





OPERA: Sito BAM LNGS



Maggio 2004



OPERA: Sito BAM LNGS



Maggio 2004



OPERA: Sito BAM LNGS



Luglio 2004



OPERA: Sito BAM LNGS



Novembre 04



OPERA: Sito BAM LNGS



Climatizzazione, rete elettrica,
sensoristica di sicurezza

Giugno 2005



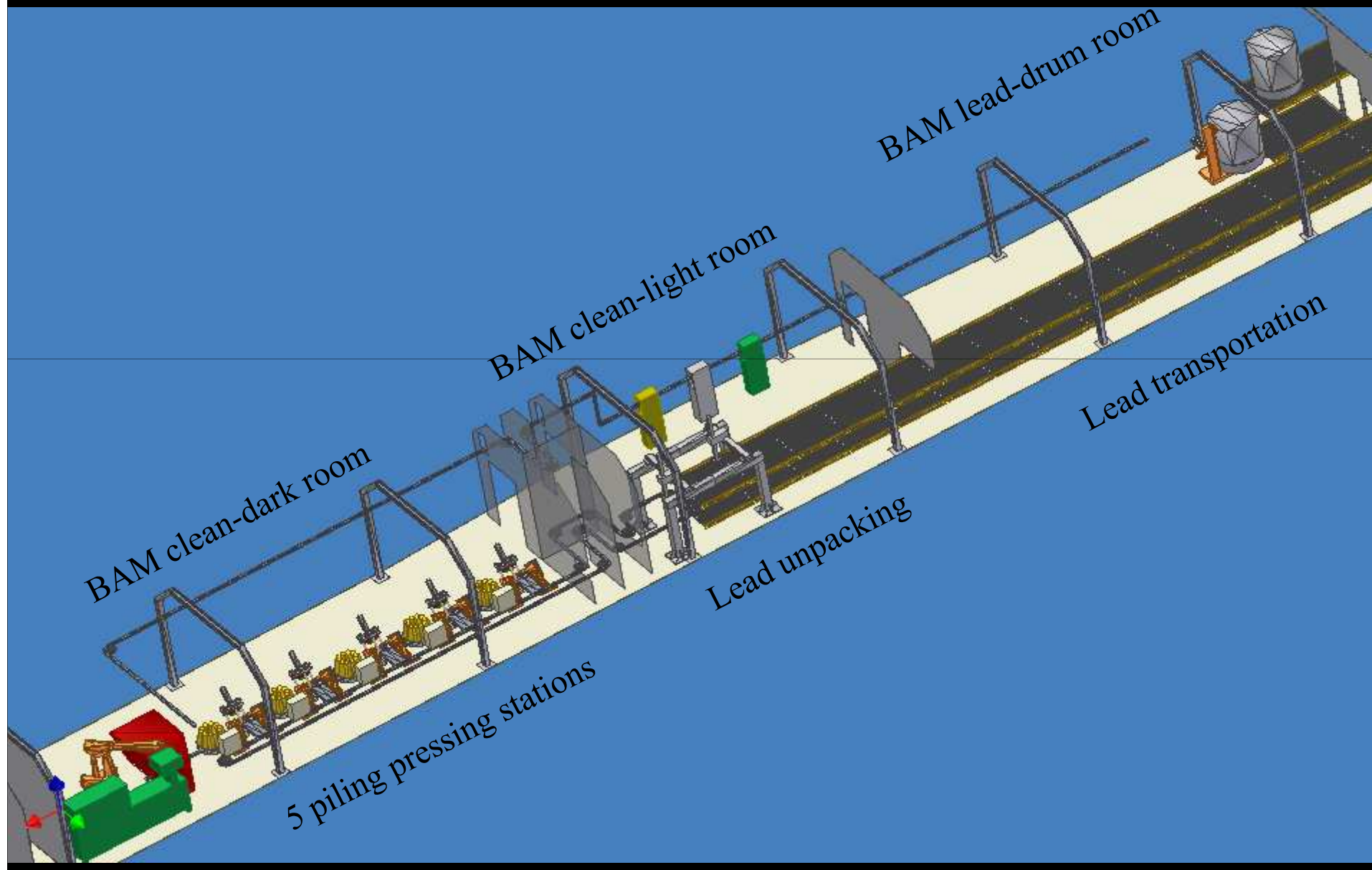
OPERA: Sito BAM LNGS



Febbraio 2006



OPERA: progettazione BAM

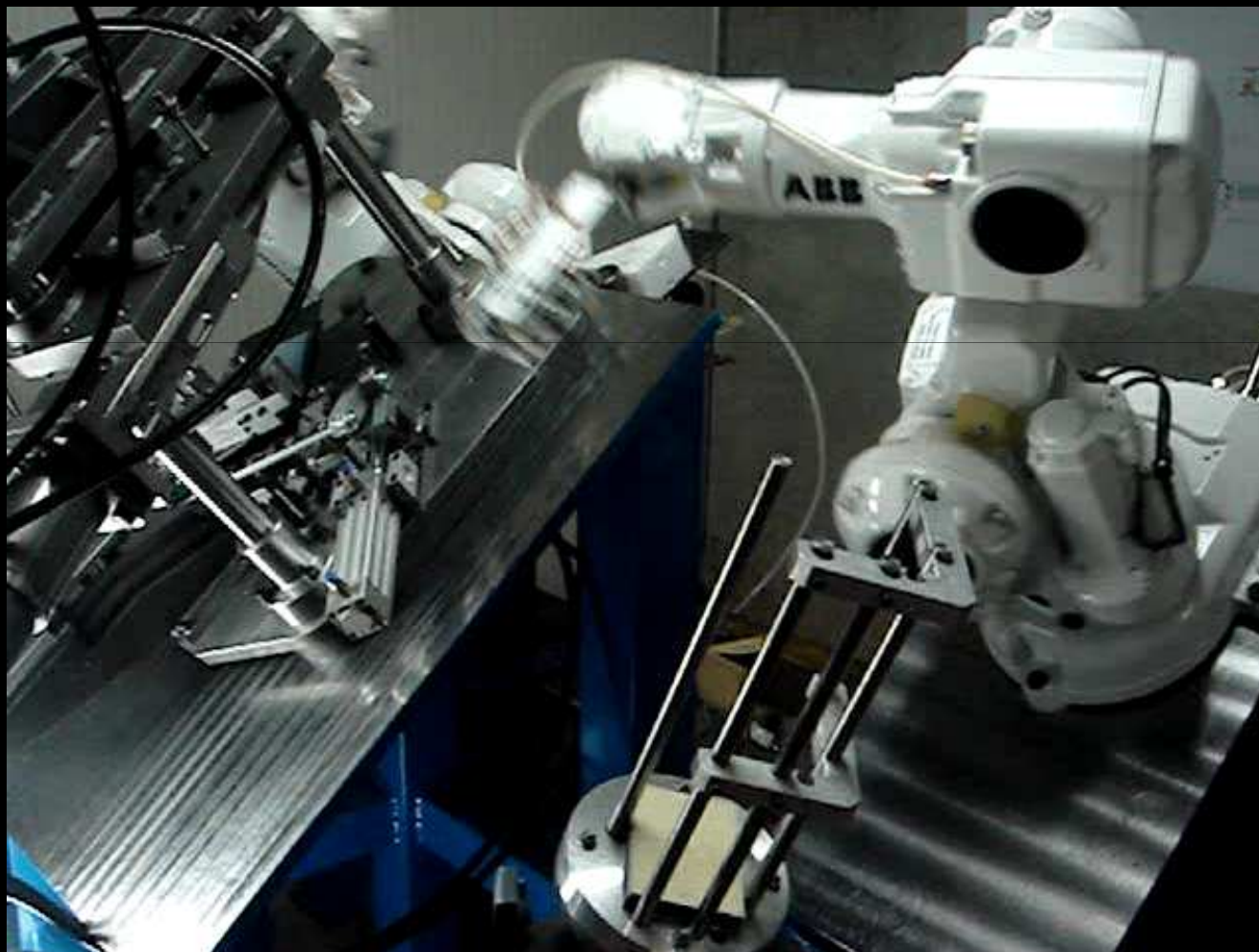




OPERA: prototipo BAM



Una stazione di impilaggio deve produrre 10-12 mattoni/h -> 120-150 mattoni in 12 h





OPERA: prototipo BAM



Pressa idraulica di chiusura meccanica pila/brick a 3 atm
con controllo di qualità della pila in tempo reale





OPERA: prototipo BAM



Controllo di qualità' della pila in tempo reale



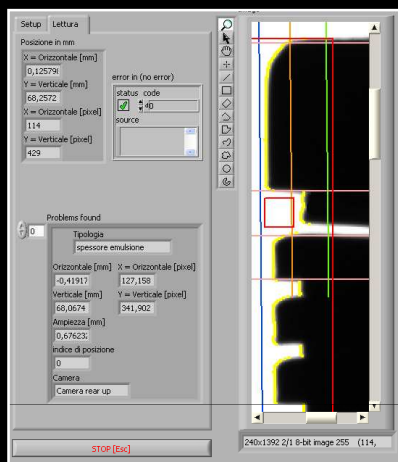
Due telecamere di controllo degli spigoli posteriore e frontale



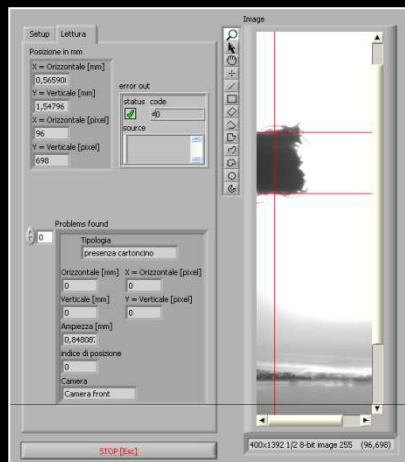
OPERA: prototipo BAM



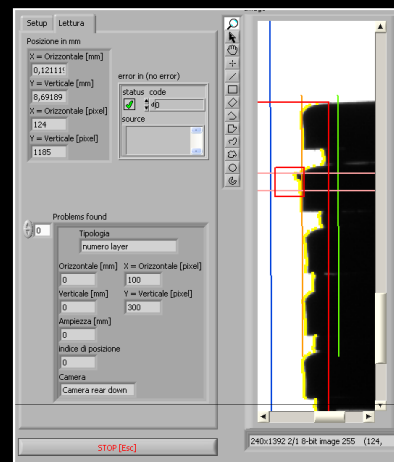
Controllo di qualità' della pila in tempo reale: alcuni esempi



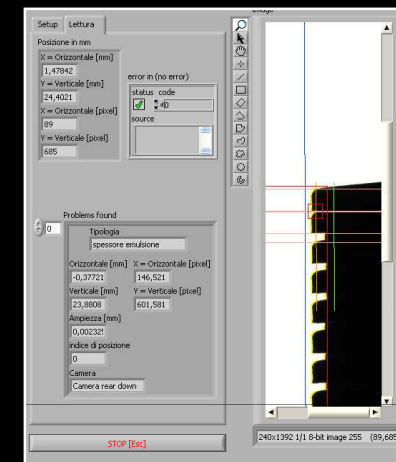
**Carta sotto il
coperchio**



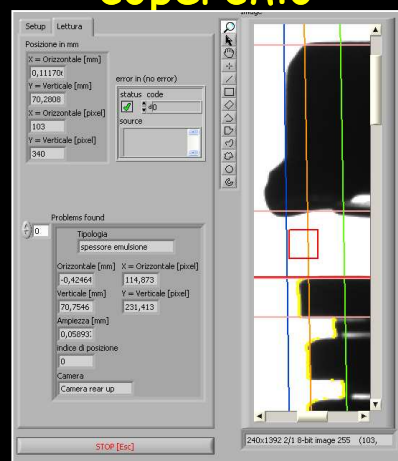
Carta sul ragno



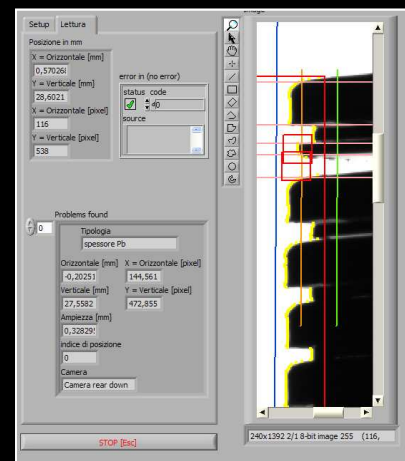
Pb deforme



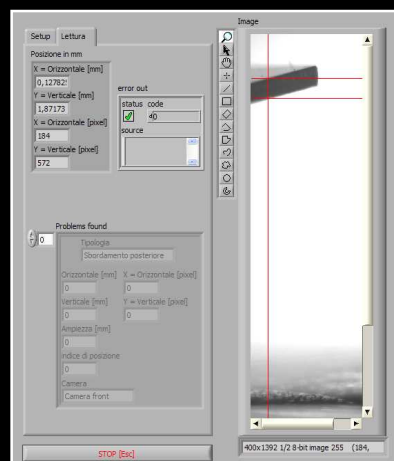
Doppio Pb



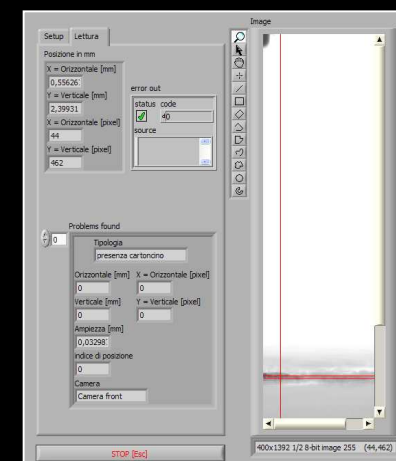
Coperchio deforme



Doppia Emulsione



Prima Em OK



Prima Em piegata



OPERA: BAM LNGS



Sala in luce bianca: fase di installazione doppia rulliera carico piombo





OPERA: BAM LNGS



tick nel drum

Casse piene

Casse vuote

1 cassa = 200 Kg
40 casse al giorno





OPERA: BAM LNGS



Sala pulita in luce bianca: fase di installazione cartesiano gestione casse e pallet piombo





OPERA: BAM LNGS



Sala pulita in luce bianca: fase di installazione stazioni posa skate e CS





OPERA: BAM LNGS





OPERA: BAM LNGS



Sala pulita in luce rossa/ bianca: fase di installazione 5 stazioni impilaggio





OPERA: BAM LNGS



Sala pulita in luce rossa/ bianca: fase di installazione 5 stazioni impilaggio





OPERA: BAM LNCS



BAM in camera oscura, camera pulita con luce rossa/bianca : **stazioni impilaggio**

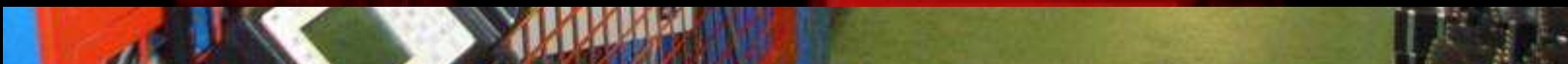




OPERA: BAM LNGS



BAM in camera oscura, camera pulita con luce rossa/bianca : **controllo di qualità'**





OPERA: BAM LNGB



BAM in camera oscura, camera pulita con luce rossa/bianca: **chiusura brick**





OPERA: BAM LNGS



Sala pulita in luce rossa/ bianca: fase di installazione 2 stazioni nastratura





OPERA: BAM LNGS



Sala pulita in luce rossa/ bianca: fase di installazione 2 stazioni nastratura





OPERA: BAM LNGS



BAM in camera oscura, camera pulita con luce rossa/bianca : **stazione nastratrice n.1**



N



OPERA: BAM LNGS



Instruttura di facce laterali. Fino a 100 mm/11





OPERA: produzione brick



La BAM ha iniziato la produzione di massa dei brick nel marzo 2007

In 72 settimane (di cui 60 su due turni 6:00-14:00 e 14:00-22:00) si sono prodotti 150036 brick

La velocità massima raggiunta è stata di 802 brick/ in un giorno

La velocità media tenuta è stata di 600 brick/giorno

Si sono gestiti:

8.55 Milioni di emulsioni fotografiche,

8.4 Milioni di lastre di pb (1.25 kton)

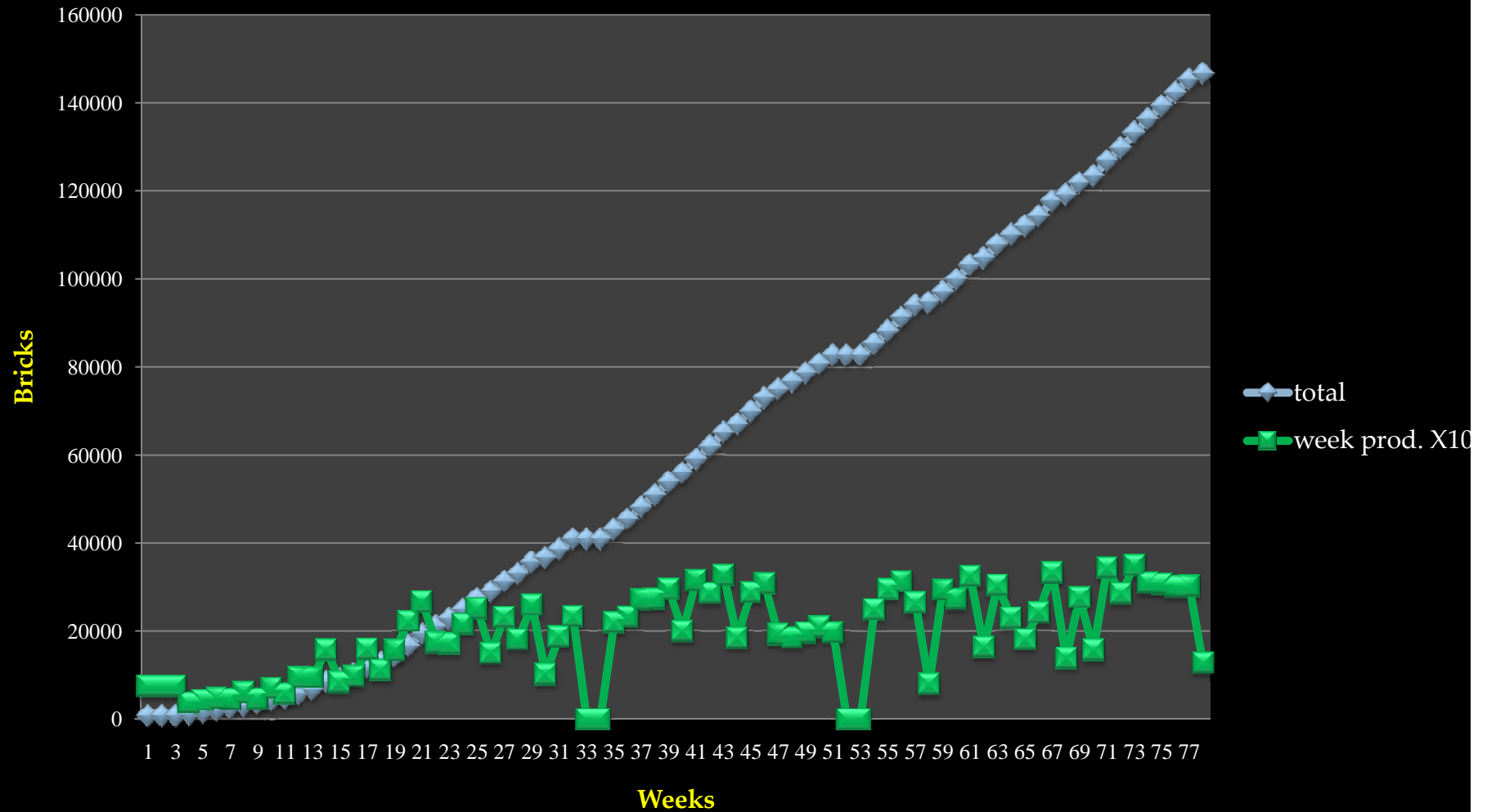
120 km di nastro di alluminio



OPERA: produzione brick



Brick Production Curve



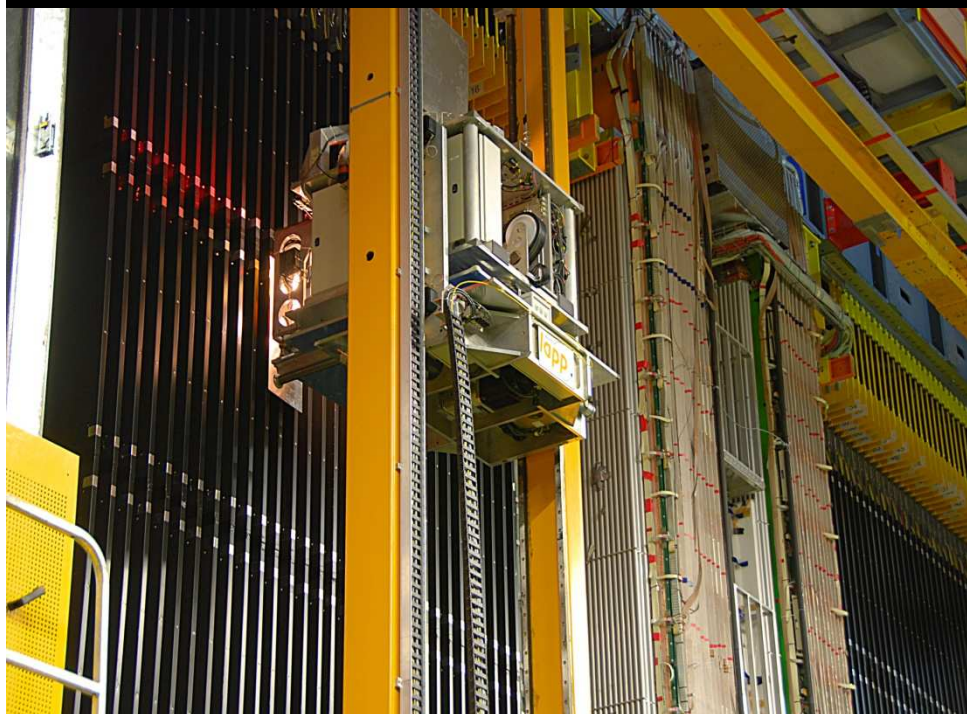


OPERA: BMS



Brick Manipulator System

Una volta prodotti I Brick sono inviati al BMS su drum di carico



Napoli ha partecipato alla messa a punto del BMS ottimizzandone la compatibilità' con le caratteristiche meccaniche del wall



Estrazione di brick con predizione di eventi in parallelo con la presa dati CNGS:

- il BMS oltre che inserire i brick in fase di installazione OPERA (2 macchine da ambo i lati del rivelatore) ha il compito di estrarre I brick degli eventi candidati allo scanning
- il sistema completamente automatico permette di estrarre 25 brick di eventi candidati in 8h
- ~90'000 brick manipolati solo per le estrazioni fino al per estrazione di 7000 brick di eventi candidati

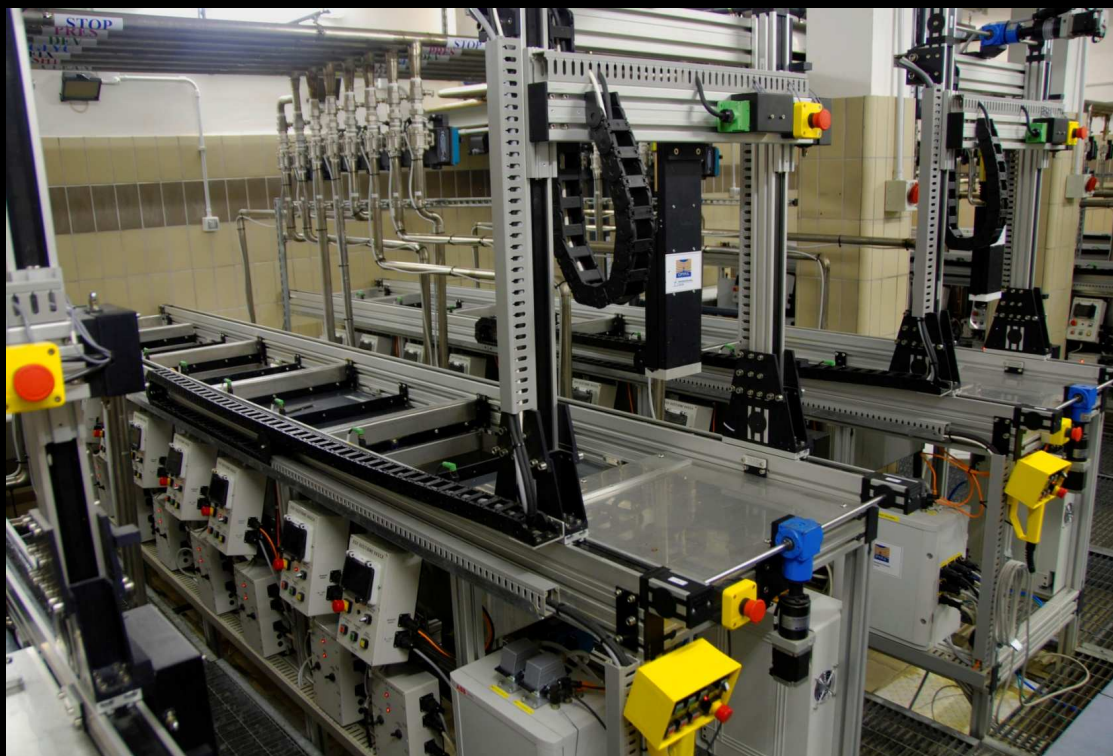


OPERA:



Stazione di sviluppo emulsioni

Le emulsioni contenute nei brick degli eventi candidati sono sviluppate con apposite stazioni di sviluppo automatico



Napoli ha partecipato alla messa a punto meccanica delle stazioni di sviluppo e contribuisce ai turni in camera oscura

- 6 linee automatica funzionanti in parallelo in camera oscura
- massimo carico: 150 bricks/settimana
- una ulteriore stazione di sviluppo per CS e' funzionante nel lab sotterraneo: massimo carico 300 CS/settimana



OPERA: scansione emulsioni



La scansione di CS e mattoni e' condivisa tra vari laboratori in :

Europa

Scansione mattoni : 8 labs in Italia, 1 lab. in Svizzera
Centro di Scansione di CS: LNGS

Giappone

Scansione mattoni : 2 labs
Centro di scansione CS: Nagoya

microscopio ESS

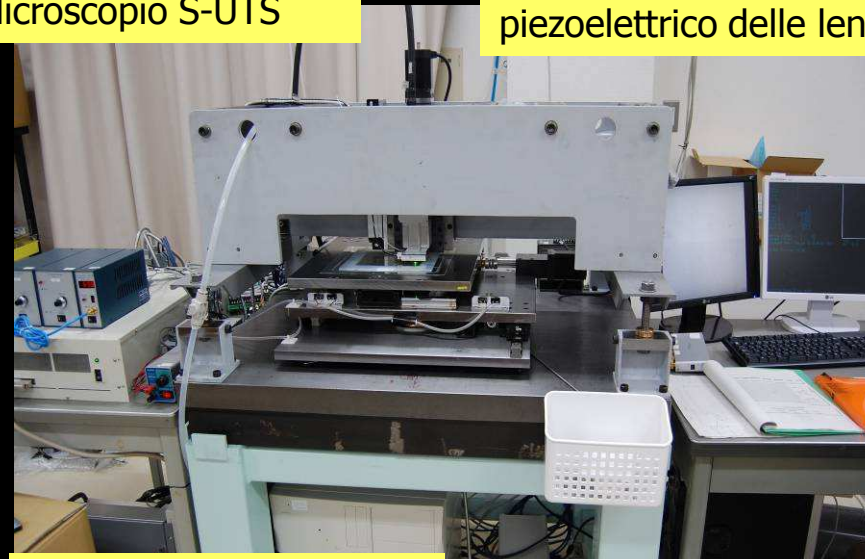


CMOS camera

Velocita' di scansione 20 cm²/h

Hardware interamente commerciale
Algoritmi software sviluppati in casa

Microscopio S-UTS



Obiettivi con controllo piezoelettrico delle lenti

Telecamera CCD ad alta velocita' (3 kHz)

Velocita' di scansione fino a 75 cm²/h

Algoritmi implementati in parte hardware e utilizzo di meccanica custom

Vedi presentazione V. Tioukov



Conclusioni





Nuove Tecnologie per il neutrino tau



Oggi celebriamo qui a Napoli la rivelazione del primo evento di interazione di neutrino Tau nell'esperimento OPERA, trovato proprio nei nostri laboratori di scansione.

Questo e' il risultato di :

- 20 anni entusiasmanti di lavoro su tecnologie innovative
- di un gioco di squadra del Gruppo OPERA di Napoli, con il personale tecnico e amministrativo della Sezione di Napoli e con le industrie locali coinvolte

Complimenti a tutti !!!