



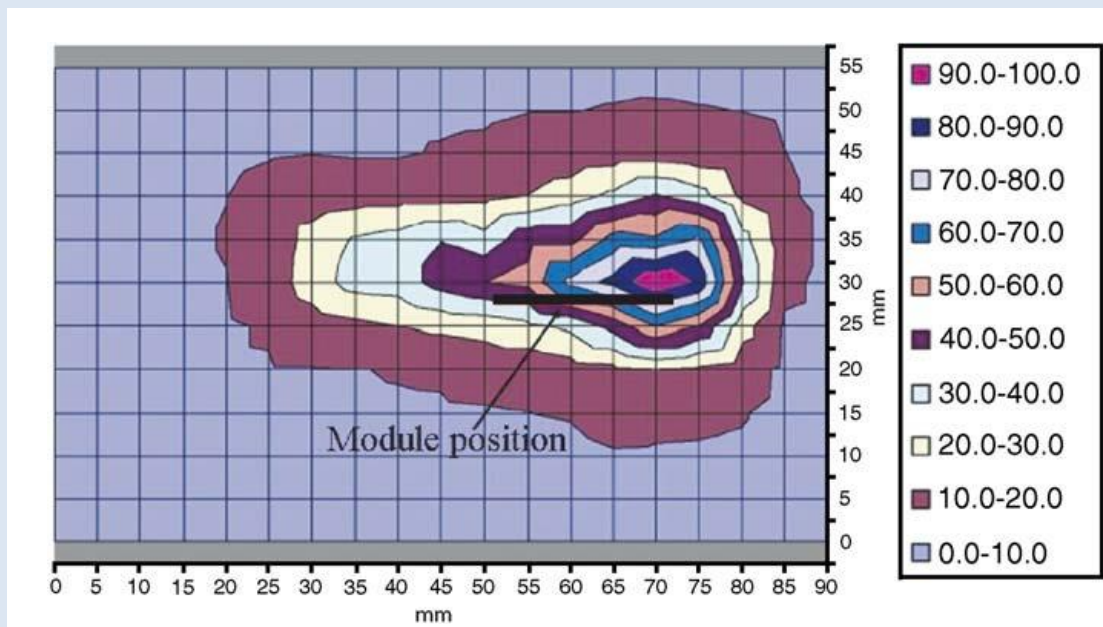
TEST CON FASCIO DI PROTONI AD ALTA ENERGIA E INTENSITÀ SU RIVELATORI AL SILICIO DI ATLAS IN VISTA DI HL-LHC

- Il tracciatore al silicio di ATLAS è stato progettato per sostenere alti livelli di dose integrata accumulata in anni di operazioni di LHC.
- La resistenza alla radiazione dovrebbe permettere la sopravvivenza del rivelatore anche in caso di perdita accidentale del fascio.
- Nel 2006, un esperimento effettuato su moduli del rivelatore a Pixel di ATLAS (sensori planari + FrontEnd-I3) ha stabilito che questi possono sopravvivere a perdite di fascio dell'ordine di 1.5×10^{10} protoni/cm², con deterioramento minimo o nullo delle prestazioni.
- Ulteriori test sono necessari per valutare la resistenza dei rivelatori ai livelli di radiazione e luminosità istantanea di HL-LHC.
- Nel 2017, un nuovo esperimento è stato effettuato nell'area HiRadMat del CERN con un fascio più intenso, dal Super Proton Synchrotron.
- I risultati preliminari di questo test sono presentati assieme alle prospettive per i nuovi test previsti nel 2018.

Esperimento 2006

- Modulo del rivelatore a Pixel di ATLAS
 - Planare + FE-I3
 - Progettato per resistere a 50 MRad
- Protoni dal CERN Proton Synchrotron: 24 GeV
- Fascio gaussiano di protoni parallelo al modulo
- 1-8 pacchetti di protoni da 10^{11} protoni
- Separazione tra pacchetti: 256 ns
- Temperatura durante operazioni: 30°C
- Limite stabilito: 1.5×10^{10} protoni/cm²**
 - Compatibile con operazioni LHC

Profilo di pacchetto da 10^{11} protoni rispetto al modulo

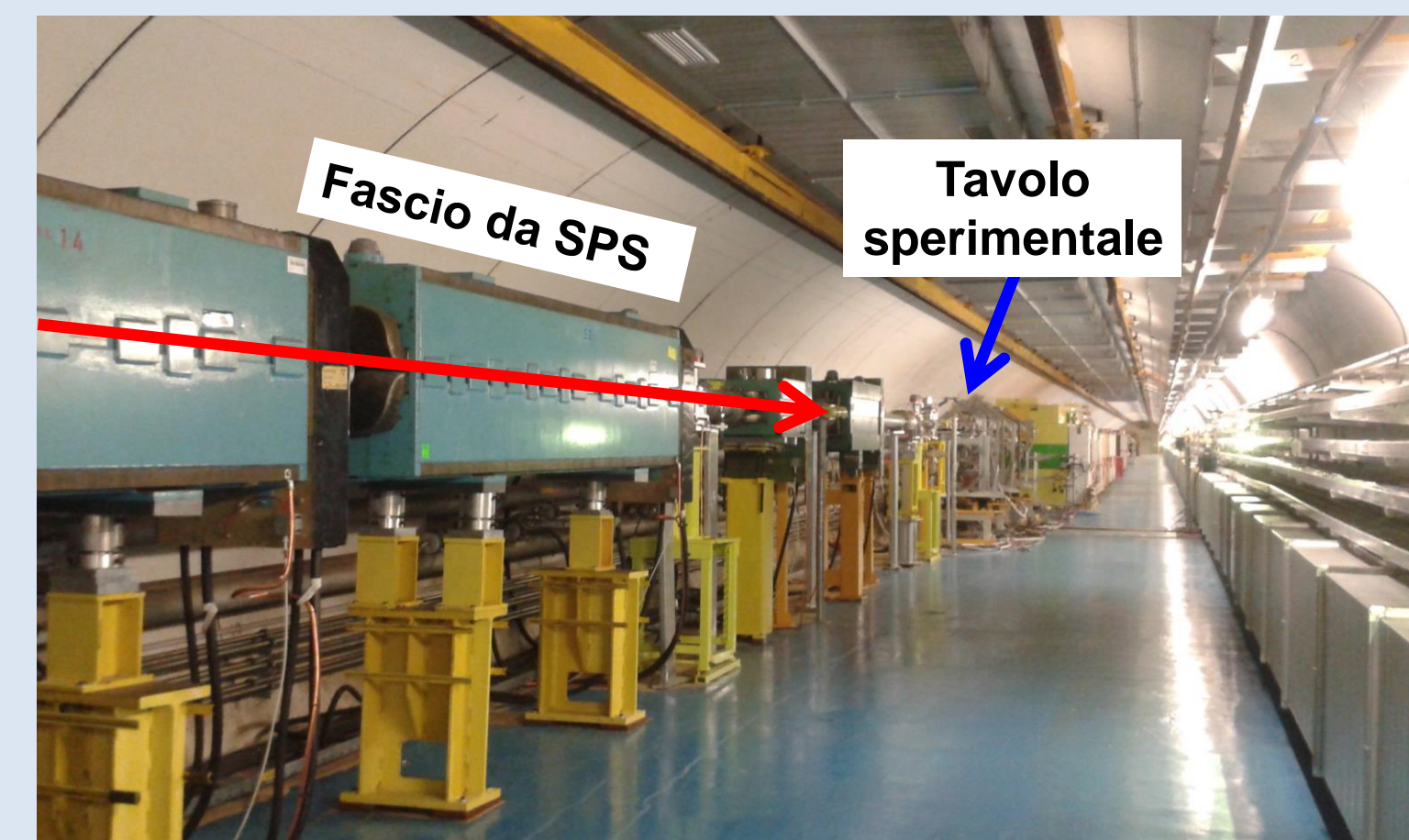


Esperimenti 2017-2018

- Moduli pixel del rivelatore IBL (Insertable B-Layer):
 - (2017) 3D + FE-I4
 - (2018) planare + FE-I4
 - Progettati per resistere a 250 Mrad
- Moduli pixel di ITk (Inner Tracker):
 - (2018) pixel ITk + RD53
 - Progettati per resistere a 1 GRad
- Moduli strip di ITk (Inner Tracker):
 - (2017 & 2018) ATLAS12 + ABC130
 - Progettati per resistere a 50 MRad
- Protoni dal CERN Super Proton Synchrotron: 440 GeV
- Fascio gaussiano di protoni perpendicolare ai moduli
- 1-288 pacchetti di protoni da 10^{11} protoni
- Separazione tra pacchetti: 25 ns
- Temperatura durante le operazioni:
 - (2017) 40-60°C
 - (2018) miglioramento setup: 35°C
- Limite stabilito: (2017) 10^{13} protoni/cm²**
 - 10^3 volte superiore al precedente limite

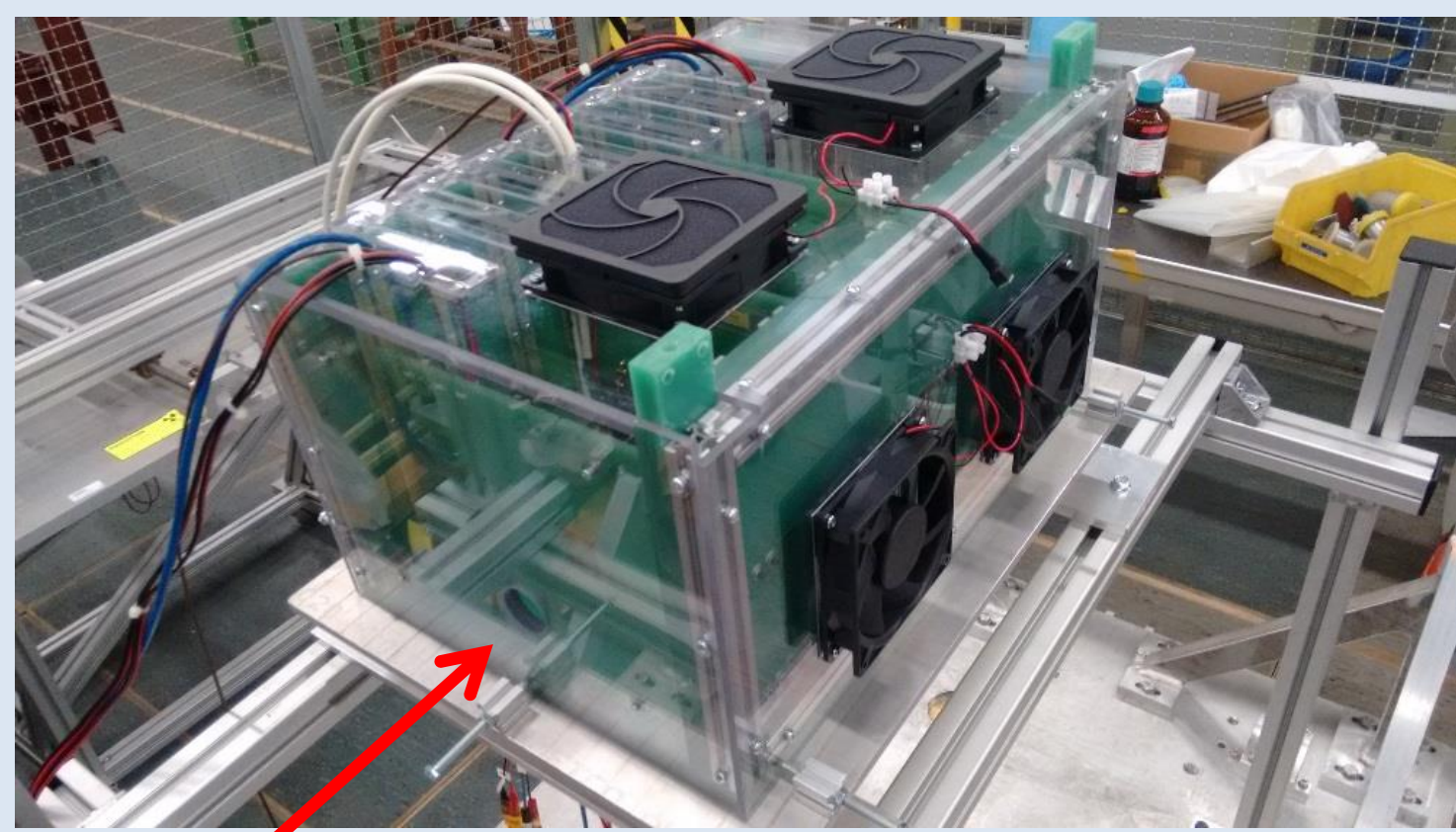
HiRadMat

- Area per esperimenti con fasci ad alta intensità
- Cofinanziato nell'ambito del progetto europeo ARIES
- Tunnel sperimentale che ospita i materiali da testare
- Tunnel parallelo (bassa radiazione) per l'elettronica
- Fasci estratti da SPS: protoni o ioni di piombo
- Fascio pulsato: fino a 288 pacchetti di protoni
- Raggio minimo del fascio: 0.3 mm



Setup sperimentale

- Scatola di resina epossidica:
 - (2017) fissa, centrata su fascio
 - (2018) mobile, muovere fuori da fascio
- Raffreddamento ad aria con 4 ventole
- Ospita fino a 8 moduli, montati su cornici di resina



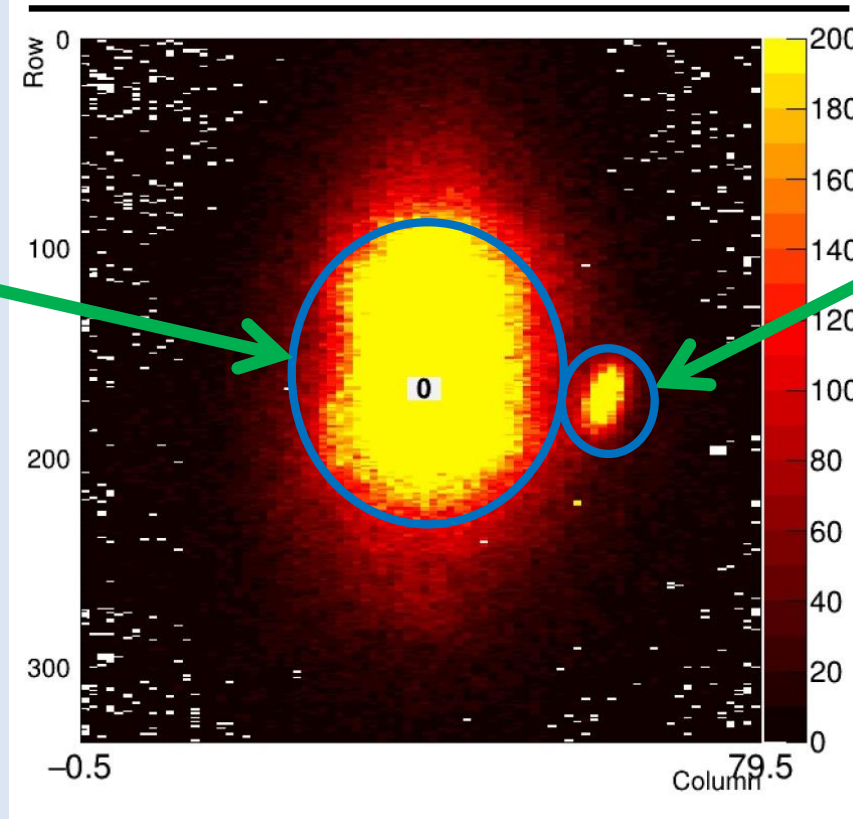
Punto di ingresso del fascio di protoni
Nel 2018 verrà inserito un sottile strato di alluminio per stimare la dose dai conteggi gamma (β^+ da Na^{22})

Operazioni

- Test effettuato aumentando gradualmente intensità:
 - 1, 4, 12, 24, 36, 72, 144, 288 pacchetti
- Test per 2 diverse sezioni del fascio di raggio:
 - 2 mm: effetti globali su tutto il sensore
 - 0.3 mm: effetti locali sui singoli pixel
- Fasci indirizzati su parti differenti del rivelatore
 - Studiare separatamente gli effetti

Attivazione del modulo IBL

Effetto (finale) dopo 288 pacchetti da 2 mm

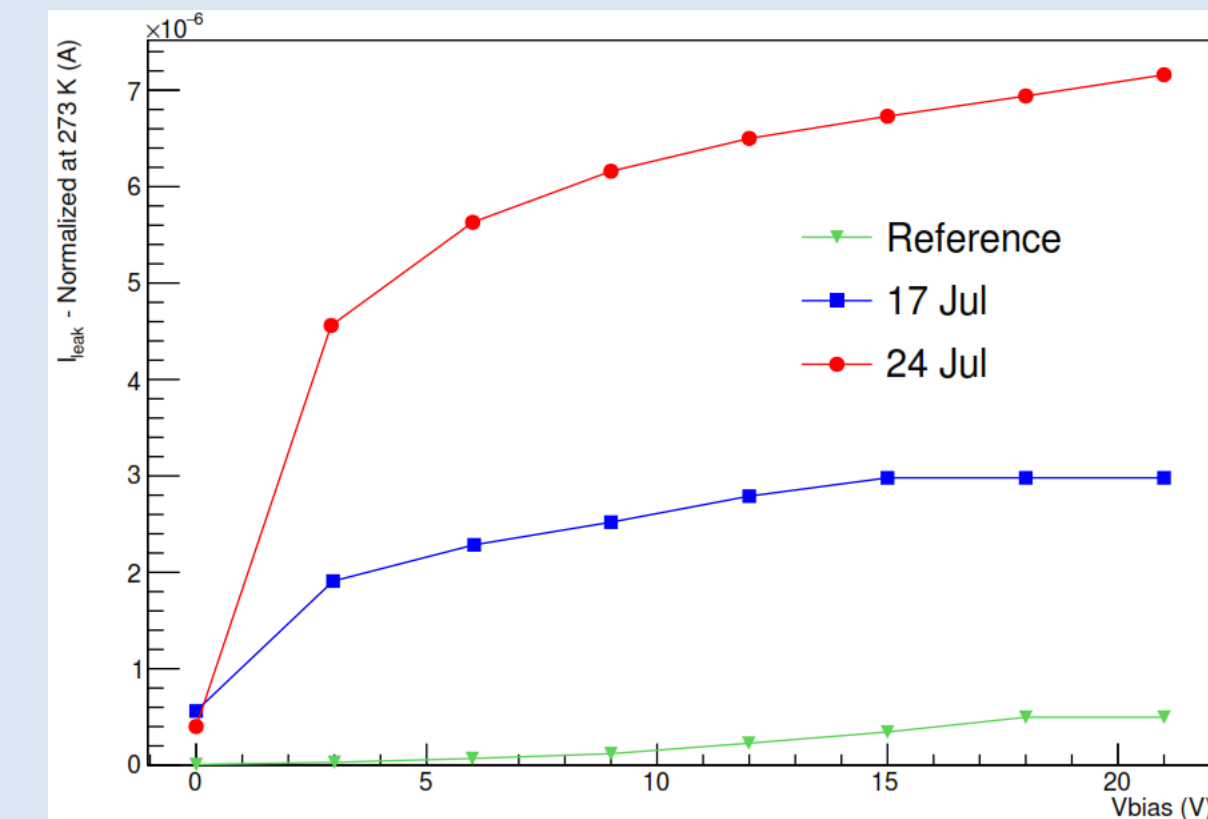


Effetto di 12 pacchetti da 0.3 mm

Misure effettuate

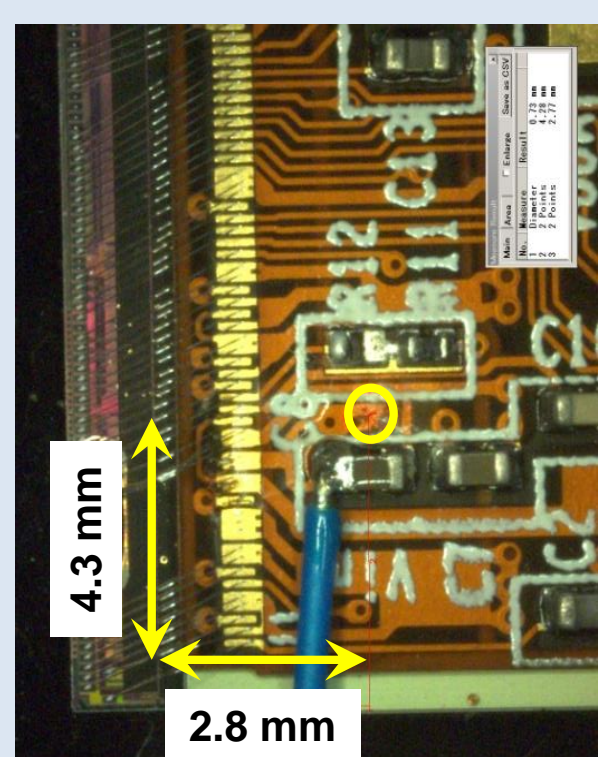
- Moduli pixel IBL:
 - Digital 2D Scan: funzionalità dei pixel
 - Analog 2D Scan: funzionalità dei pixel
 - Threshold 2D Scan: rumore dell'elettronica
 - Self-triggering 2D Scan: attivazione radioatt.
 - IV Scan: corrente di Leakage
- Modulo strip Itk:
 - Monitoraggio continuo: corrente di Leakage

Aumento della corrente di Leakage su modulo IBL causato dalla radiazione



Risultati IBL pixel

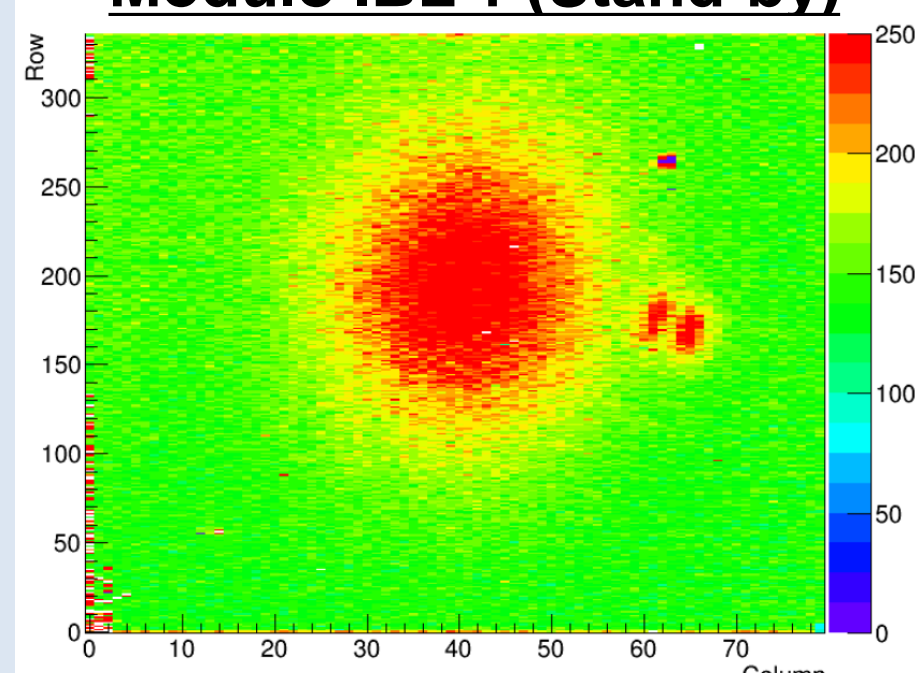
Moduli danneggiati da 288 pacchetti con raggio 0.3 mm



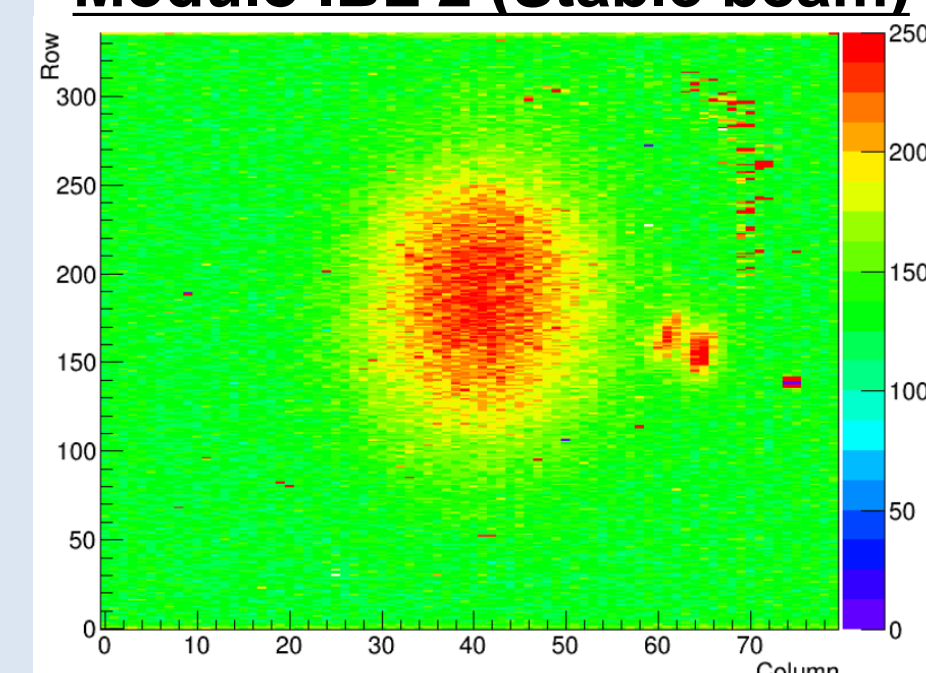
Threshold scan dei due moduli IBL: risultati compatibili

- Stand-by: Corrente del sensore e pre-amplificatori del FE Off
- Stable beam: Corrente del sensore e pre-amplificatori del FE On

Modulo IBL 1 (Stand-by)



Modulo IBL 2 (Stable beam)

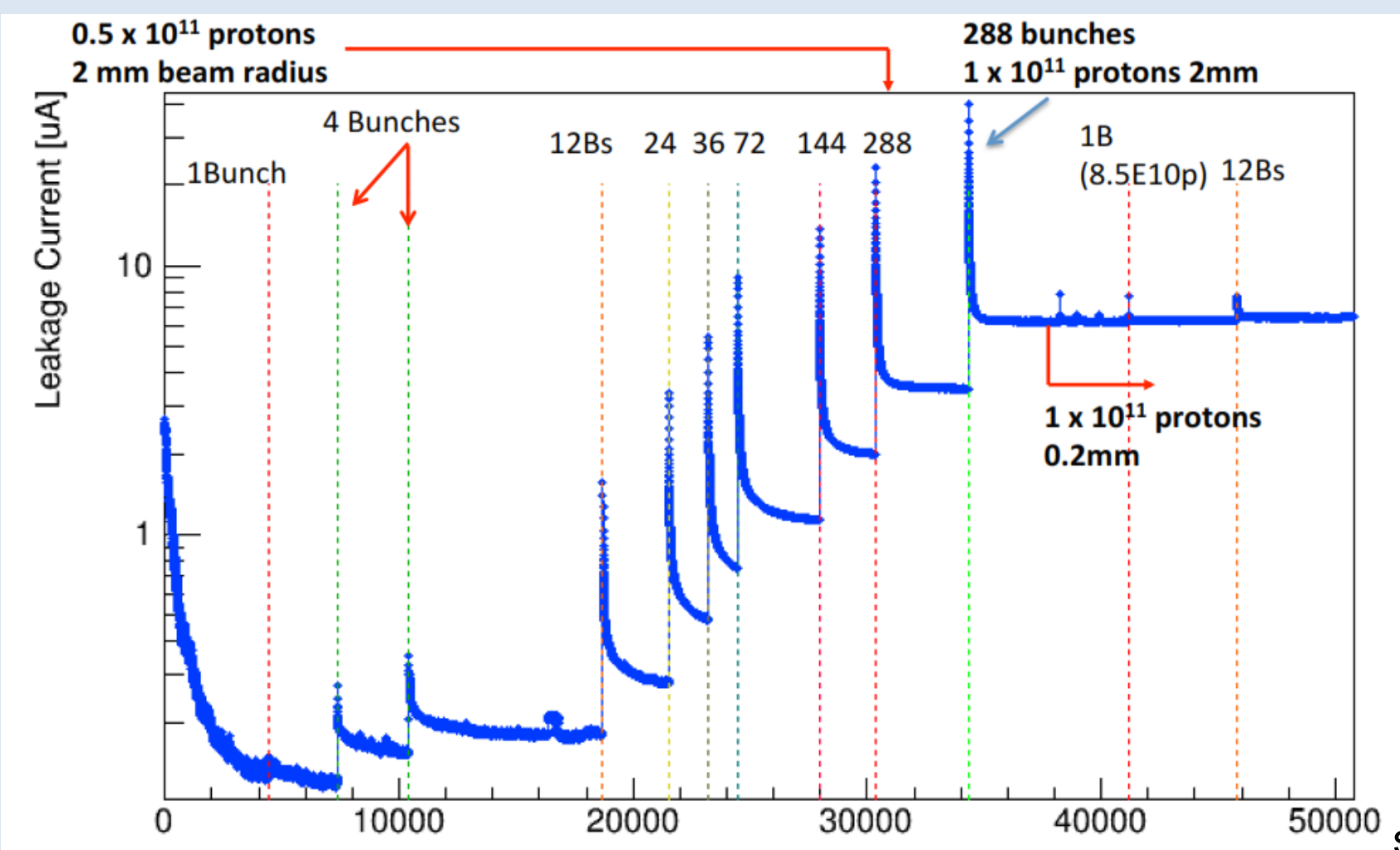


Risultati ITk strip

Moduli sopravvissuti fino a 288 pacchetti con raggio 0.3 mm

Corrente di Leakage: 1-288 pacchetti (raggio 2 mm) 1-12 pacchetti (raggio 0.3 mm)

L'aumento della corrente segue l'aumento dell'intensità del fascio



Nuovi test: Maggio e Ottobre 2018

- Il test del Luglio 2017 verrà ripetuto con nuovi sensori e alcuni miglioramenti nel setup:
- Maggio 2018:
 - Modulo planare IBL, migliore dispersione di calore, temperatura di 30°C
 - Due moduli strip ITk, con e senza Punch-Through Protection (PTP)
- Ottobre 2018:
 - Possibilità di testare nuovo sensore pixel ITk accoppiato al chip RD53
 - Primo test di questo genere sui nuovi moduli ITk

Bibliografia

- A. Andreazza, K. Einsweiler, C. Gemme, L. Rossi and P. Sicho, **Effect of accidental beam losses on the ATLAS pixel detector**, Nucl. Instrum. Meth. 213 A565, pp. 50-54 (2006).
- The ATLAS Collaboration, **ATLAS Pixel Detector electronics and sensors**, JINST 3, 210 P07007 (2008).
- The ATLAS Collaboration, **ATLAS Insertable B-Layer Technical Design Report**, CERN-LHCC 0013 (2010).
- The ATLAS Collaboration, **Technical Design Report for the ATLAS Inner Tracker Strip Detector**, CERN-LHCC 005 (2017).
- I. Efthymiopoulos et al., **HiRadMat: A New Irradiation Facility for Material Testing at CERN**, Proceedings of IPAC 2011, San Sebastian, Spain, 4-9 September 2011.

Squadra

- C. Bertella¹, C. Escobar², G. Gariano³, A. Gaudiello³, C. Gemme³, S. Katunin⁴, A. Lapertosa^{3,5}, M. Miñano², A. Rovani³, E. Ruscino³, A. Sbrizzi⁶
- IHEP, Chinese Academy of Sciences, Beijing, Cina
 - IFIC, Centro Mixto Universidad de Valencia - CSIC, Spagna
 - INFN, Sezione di Genova, Genova, Italia
 - Petersburg Nuclear Physics Institute, St. Petersburg, Russia
 - Università degli Studi di Genova, Genova, Italia
 - INFN, Sezione di Bologna, Bologna, Italia