



LHCb e LHCb @ Genova Preventivi 2019

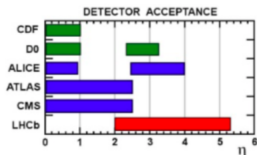
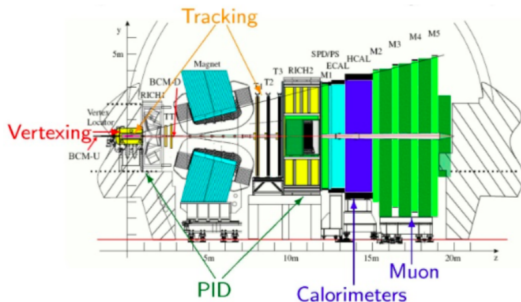
Roberta Cardinale per il gruppo LHCb@Genova
Università degli studi di Genova & INFN

3 Luglio 2018

LHCb

Obiettivi scientifici	Ricerca indiretta di nuova Fisica nei decadimenti dei flavours pesanti, misure di precisione del MS/BSM e violazione di CP.
Apparato	Spettrometro in avanti, ottimizzato per studio quarks pesanti, operante a bassa e fissa luminosità ($\approx 4 \cdot 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) in contemporanea con ATLAS/CMS.
Collaborazione	La collaborazione LHCb è costituita da 1111 ricercatori, provenienti da 69 diversi istituti, università e laboratori di ricerca di 17 diversi stati (dati a gennaio 2015).
Sezioni INFN e Università	Bologna, Cagliari, Ferrara, Firenze, Genova, Lab. Naz. di Frascati, Milano, Milano Bicocca, Padova, Pisa, Roma I, Roma II, Bari, CNAF e Università associate.
Timeline	Run 2, fino al 2018. Upgrade dell'esperimento durante LS2: 2019-2020. Run 3, dal 2021.LS3@LHCb: consolidamento, ...+?

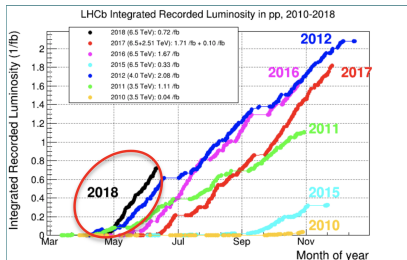
Il rivelatore LHCb



- LHCb è un rivelatore “general purpose” nella regione in avanti
- Performance
 - $\Delta p/p = 0.35\%-0.55\%$
 - Risoluzione massa = $10-20 \text{ MeV}/c^2$
 - Risoluzione parametro impatto: $20 \mu\text{m}$ per tracce con alto p_T
 - ECAL: $\sigma(E)/E = 10\%(E/\text{GeV})^{-1/2} \oplus 1\%$
 - Identificazione di particelle grazie ai rivelatori RICH e alle stazioni dei muoni

Run 2 - presa dati nel 2018 in corso

~ 0.7 fb⁻¹ raccolti nel 2018



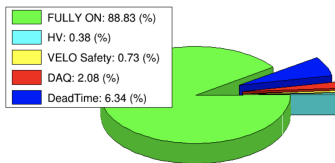
Luminosità totale

	Recorded Lumi (pb ⁻¹)	Delivered Lumi (pb ⁻¹)
2011	1.11	1.22
2012	2.08	2.20
Run-1	3.2	3.4
2015	0.33	0.36
2016	1.67	1.88
2017 (5TeV)	1.71 (0.10)	1.86
Run-2	3.7	4.1
Total	6.9	7.5

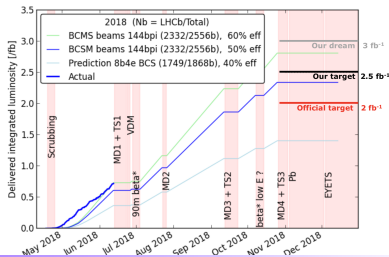
2018	2.2	2.5
Total	9.1	10.0

Buona efficienza del rivelatore

LHCb Efficiency breakdown in 2018



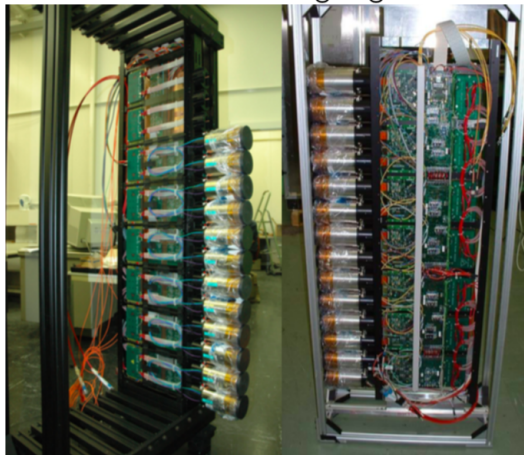
Previsione luminosità per il 2018 (ultimo anno di Run2, prima del LS)



Responsabilità di LHCb@Genova nella costruzione del RICH di LHCb

- Progetto e realizzazione della meccanica di housing dei rivelatori di RICH2, riutilizzata dagli inglesi in RICH2, con interventi dei nostri tecnici meccanici
- Sviluppo dell'interfaccia tra bus PCI e schede di acquisizione L1 (Tell1)
- Sviluppo, realizzazione e manutenzione del sistema alta tensione (20 kV) per l'alimentazione dei fotorivelatori Hybrid Photon Detector (HPD):
 - hardware;
 - sviluppo di tutto il software di controllo.
- Coordinamento e sviluppo del sistema di controllo ECS = (DCS + DAQ):
 - coordinamento DCS;
 - coordinamento ECS;
 - sviluppo di vari componenti ECS (HV software, interfaccia DSS, interfaccia Configuration e Condition DB, controllo infrastruttura, allarmi, ...)
 - Sviluppo e realizzazione del sistema di monitoraggio del campo magnetico in RICH2
 - Partecipazione al commissioning di RICH e alla presa dati di LHCb

Meccanica di housing degli HPD



VHV system per gli HPD



LHCb Upgrade

- Misure precise e studio di processi soppressi nel settore del sapore stanno diventando sempre più attraenti dall'esperienza che segnali diretti dai dati di LHC sono elusivi...
- Necessario aumentare la precisione sulle misure per raggiungere l'incertezza teorica

Type	Observable	Current precision	LHCb 2018	Upgrade (50 fb ⁻¹)	Theory uncertainty
B_s^0 mixing	$2\beta_s(B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi)$	0.10 [139]	0.025	0.008	~0.003
	$2\beta_s(B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0(980))$	0.17 [219]	0.045	0.014	~0.01
	a_{sl}^s	6.4×10^{-3} [44]	0.6×10^{-3}	0.2×10^{-3}	0.03×10^{-3}
Gluonic penguins	$2\beta_s^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow \phi\phi)$	–	0.17	0.03	0.02
	$2\beta_s^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow K^{*0}\bar{K}^{*0})$	–	0.13	0.02	< 0.02
	$2\beta_s^{\text{eff}}(B^0 \rightarrow \phi K_S^0)$	0.17 [44]	0.30	0.05	0.02
Right-handed currents	$2\beta_s^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow \phi\gamma)$	–	0.09	0.02	< 0.01
	$\tau^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow \phi\gamma)/\tau_{B_s^0}$	–	5 %	1 %	0.2 %
Electroweak penguins	$S_3(B^0 \rightarrow K^{*0}\mu^+\mu^-; 1 < q^2 < 6 \text{ GeV}^2/c^4)$	0.08 [68]	0.025	0.008	0.02
	$s_0 A_{\text{FB}}(B^0 \rightarrow K^{*0}\mu^+\mu^-)$	25 % [68]	6 %	2 %	7 %
	$A_1(K\mu^+\mu^-; 1 < q^2 < 6 \text{ GeV}^2/c^4)$	0.25 [77]	0.08	0.025	~0.02
	$B(B^+ \rightarrow \pi^+\mu^+\mu^-)/B(B^+ \rightarrow K^+\mu^+\mu^-)$	25 % [86]	8 %	2.5 %	~10 %
Higgs penguins	$B(B_s^0 \rightarrow \mu^+\mu^-)$	1.5×10^{-9} [13]	0.5×10^{-9}	0.15×10^{-9}	0.3×10^{-9}
	$B(B^0 \rightarrow \mu^+\mu^-)/B(B_s^0 \rightarrow \mu^+\mu^-)$	–	~100 %	~35 %	~5 %
Unitarity triangle angles	$\gamma(B \rightarrow D^{(*)}K^{(*)})$	~10-12° [252, 266]	4°	0.9°	negligible
	$\gamma(B_s^0 \rightarrow D_s K)$	–	11°	2.0°	negligible
	$\beta(B^0 \rightarrow J/\psi K_S^0)$	0.8° [44]	0.6°	0.2°	negligible
Charm CP violation	A_Γ	2.3×10^{-3} [44]	0.40×10^{-3}	0.07×10^{-3}	–
	$\Delta\mathcal{A}_{CP}$	2.1×10^{-3} [18]	0.65×10^{-3}	0.12×10^{-3}	–

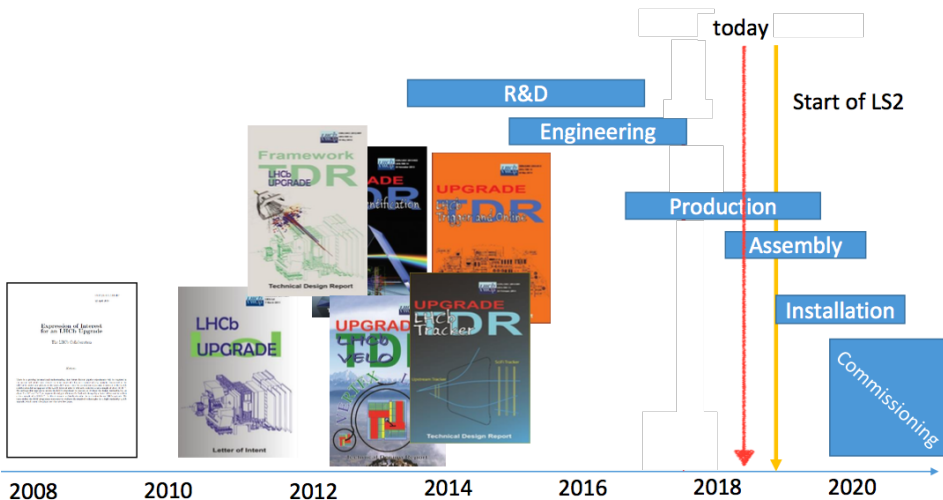
Eur. Phys. J. C (2013) 73:2373

LHCb Upgrade

- LHCb Upgrade per Run-3: necessità di riprogettare i sub-detectors e il readout
 - LHC aumenterà la luminosità: aumento della luminosità a cui LHCb opererà a $2 \times 10^{33} \text{ cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ (attualmente $4 \times 10^{32} \text{ cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$)
 - Lettura del rivelatore a 40MHz (limitata attualmente a 1 MHz)
 - Trigger completamente software che permetterà di operare ad una luminosità più elevata e con un'efficienza più elevata nei modi adronici

Run # (year)	LHCera		HL-LHCera		
	Run 1 (2010-12)	Run 2 (2015-18)	Run 3 (2021-23)	Run 4 (2025-28)	Run 5+ (2030+)
Integrated luminosity	3 fb ⁻¹	8 fb ⁻¹	23 fb ⁻¹	46 fb ⁻¹	100 fb ⁻¹
LHCb up to LS2			after LHCb upgrade		

LHCb upgrade (phase-1) timeline



LHCb upgrade - iter del progetto

- 26/09/2012: LHCC approva l'upgrade (CERN/LHCC 2012-017rev, LHCC-111).
- 28/11/2012: CERN Research Board approva l'upgrade (CERN-DG-Research Board-2012-433 Minutes-202, 21 December 2012).
- European Strategy Group report: LHCb appare come: "exploitation of the full LHC potential, including the HL-LHC upgrade for further exciting opportunities for the study of avor physics"
- RRB Ottobre 2012: sottomesso alle FA il FTDR ed una proposta di MoU per i Common Items.
- RRB Aprile 2013: presentazione prima money matrix con indicazioni dalle FA e primo feedback sull'MoU Common Items.
- RRB Aprile 2014: consolidamento money matrix e presentazione MoU common fund.
- Autunno 2014: approvazione TDR rivelatori e online.
- RRB Ottobre 2014: presentazione MoU sottosistemi.

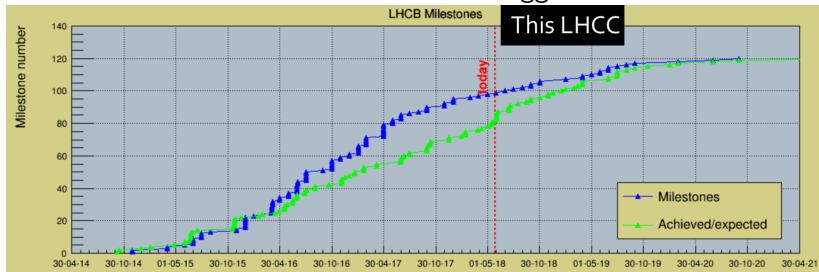
LHCb upgrade - il progetto in Italia

- 28/05/2012: prima presentazione in CSN1.
- 03/06/2013: via libera della CSN1 alla sottomissione al CTS.
- Approvazione CD INFN: 29 Gennaio 2014, su proposta CTS. The only warning is that other major Funding Agencies (CERN, France, Germany, Netherlands, Russia, Switzerland, UK, US) involved in the upgrade, will also agree to finance it.
- CD approva a Maggio 2017 MoU lhcb-infn

- Il costo complessivo dell'upgrade di LHCb 50 M€
- Il costo complessivo dell'upgrade di LHCb/RICH 10 M€
- Il contributo INFN di ~ 5.56 M€, 15% contingency inclusa, pari 11% del totale.
- La componente italiana pesa, in termini di FTE, $\sim 18\%$.

LHCb Upgrade - Milestones

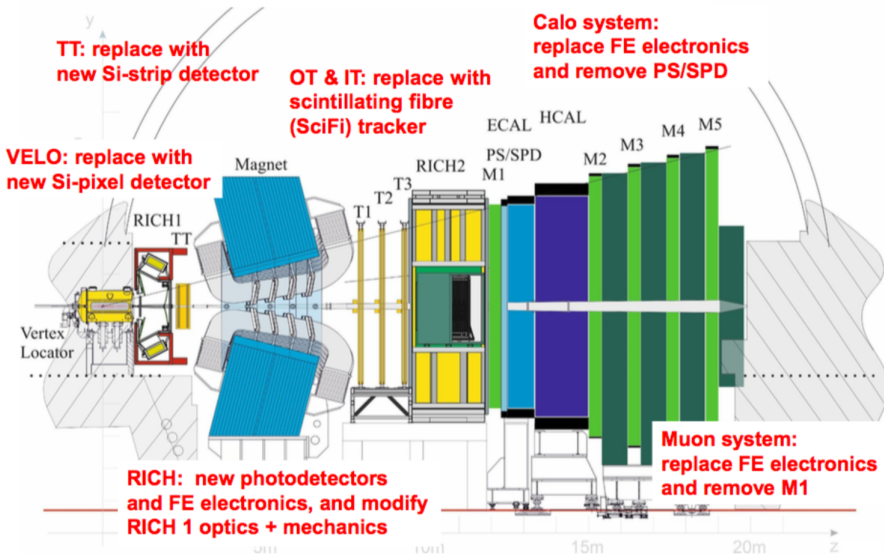
Status review di LHCC Maggio 2018



RICH

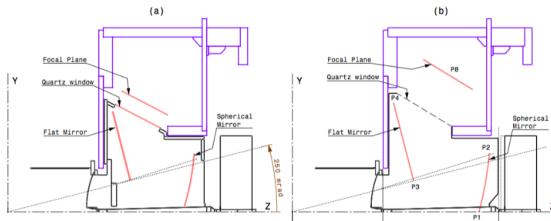
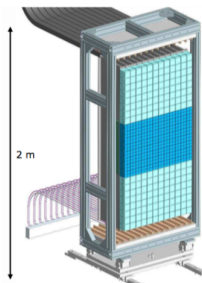
tutte le milestones relative al design e produzione delle componenti: OK

The LHCb upgrade detector



LHCb Upgrade - RICH

- Sostituire HPD con MaPMT con nuova elettronica esterna di readout
- Modifiche all'ottica e al piano focale di RICH1 per sopportare l'elevata occupancy



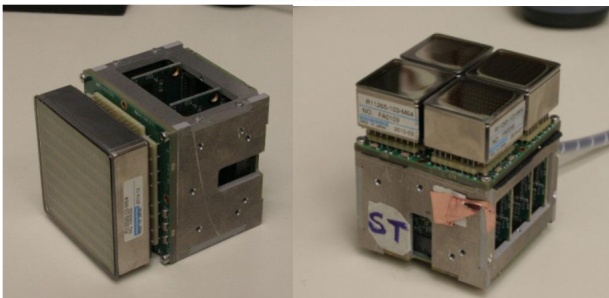
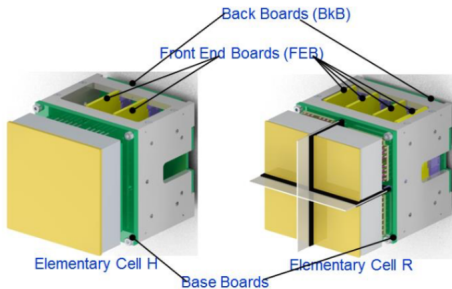
LHCb/RICH upgrade - contributo italiano all'upgrade dei rivelatori RICH

- Alloggiamento dei fotosensori (MaPMT), la Elementary Cell (GE)
- Caratterizzazione MaPMT (MiB)
- ECS e DCS (GE)
- Front-End chip e boards (MiB e FE)
- Meccanica di supporto del Photo-Detector Assembly (PD)
- Quality assurance (FE, GE, MiB, PD)
- Sistema HV (GE)
- ...

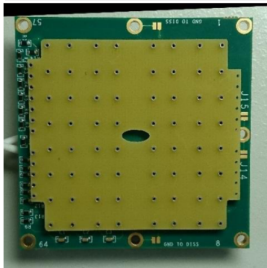
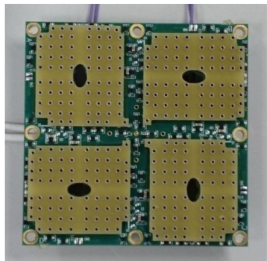
LHCb/RICH Upgrade - contributo Genova

- Riprogettazione dell'ottica del rivelatore RICH1
- Responsabilità sviluppo ingegnerizzazione e realizzazione dell'alloggiamento dei fotosensori (MaPMT)
- Design e sviluppo del sistema HV
- Design del sistema ottico del test-beam
- Preparazione, conduzione e analisi dei test dei prototipi su fasci di particelle
- Sviluppo database per inventory, bookkeeping e connectivity del rivelatore RICH per l'upgrade
- Sviluppo del sistema di controllo ECS

Elementary Cell: alloggiamento dei fotosensori

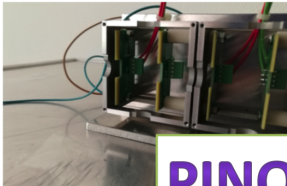
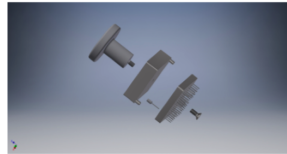
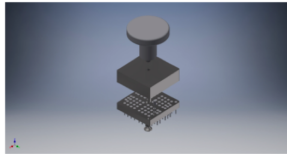


BaseBoard (BB)

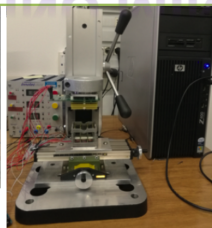


- Design e sviluppo @ Ge
- Test su prototipi @ Ge, CERN lab, su fascio: OK
- Previsto un quality assurance (QA) plan per le BB
- Setup per i test di QA sviluppato nel lab @ Ge per test sulla produzione e per la futura manutenzione
- Status: produzione finale iniziata

BaseBoard (BB)

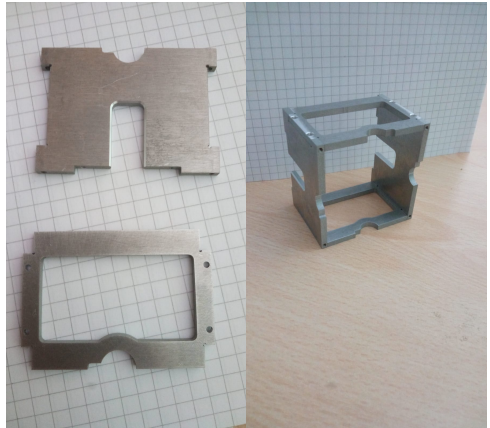


PINO MINI



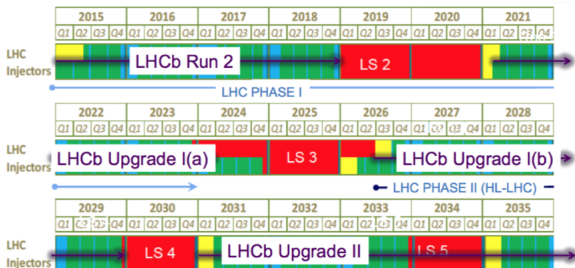
Case Metallico

- Progettazione meccanica: completata
- Produzione dei prelaborati in officina meccanica: completata
- Tender per la produzione esterna (foratura, filettatura, trattamento superficiale) in partenza



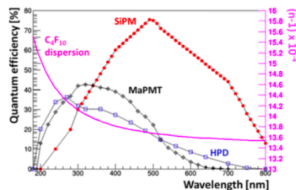
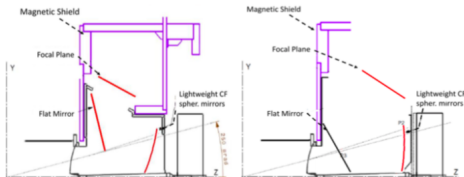
Phase-2 Upgrade

- Per sfruttare il potenziale della macchina LHC nell'era HL-LHC, si è iniziato a lavorare al progetto di phase-2 Upgrade (~ 2030)
- Expression of Interest sottomesso alla LHCC di febbraio 2017 + “Physics case document” da sottomettere al meeting LHCC di settembre
 - Installazione durante LS4 (~ 2030) dopo la Phase-1 Upgrade
 - Operare il rivelatore a $\sim 2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
 - Raccogliere più di 300 fb^{-1}



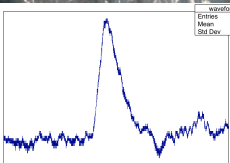
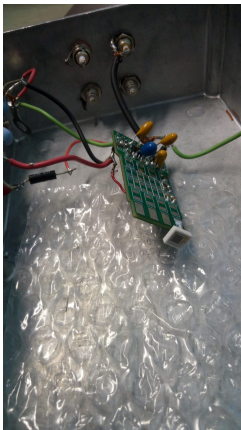
Phase-2 Upgrade: LHCb RICH

- Miglioramento dell'errore sulla risoluzione dell'angolo Cherenkov dovuto alle ottiche (ottimizzazione del layout ottico usando specchi CF in accettazione e dell'errore cromatico con fotorivelatori con alta QE nel verde): simulazioni @ Genova [C.D'Ambrosio, R. Cardinale, S.Easo, A. Petrolini, O. Ullaland "The future of RICH Detectors through the light of the LHCb RICH" arXiv: 1703.09927]
- Possibilità di utilizzare informazione temporale
- Possibilità di usare SiPM o MCP come fotorivelatori

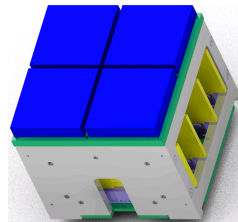
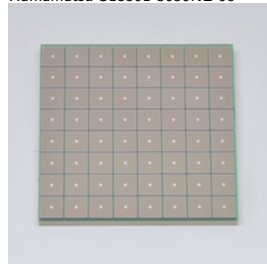


Phase-2 Upgrade: LHCb RICH

- Sviluppo setup @ GE per caratterizzazione SiPM
- Investigare la possibilità di disegnare una EC modificata in grado di leggere i segnali dal SiPM riciclando l'elettronica della fase-1 di upgrade
- Possibili test in lab o su fascio entro fine 2018



Hamamatsu S13361-3050NE-08

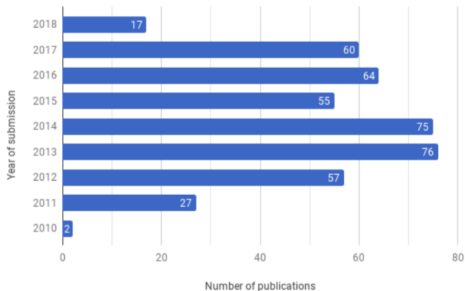


Processi fisici a LHCb

- Decadimenti rari o proibiti nel Modello Standard:
 - $B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-$, $B^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$
 - $B \rightarrow K^{(*)} \ell^+ \ell^-$
 - $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$, $D^+ / D_s^+ \rightarrow \pi^- \mu^+ \mu^+$
- Violazione di CP, mixing e parametri della matrice CKM
 - B_s - \bar{B}_s / D^0 - \bar{D}^0 mixing
 - ricerca di violazione di CP nei decadimenti dei mesoni B/D
 - misura dell'angolo γ
 - V_{ub}
- Produzione e spettroscopia di quark pesanti
 - massa, vita media, decadimenti: mesoni B_c , D^0 , D^+ , D_s^+ ; barioni Λ_b , Ξ_b^- , Ω_b^-
 - spettro degli stati eccitati: Λ_b^{0*} , B^{**} , D_J , D_{sJ}
 - nuovi stati di charmonio e stati charmonium-like: $X(3872)$
 - stati esotici: tetraquark e pentaquarks
- Fisica degli ioni pesanti
- Fisica a bersaglio fisso

LHCb physics papers

Publications per year



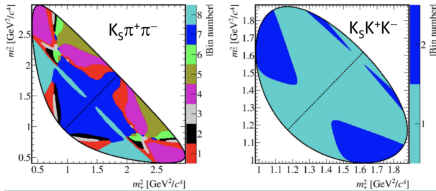
- 433 papers in total
– 17 in 2018
- Further 15 papers being processed by the Editorial Board

Papers submitted per month



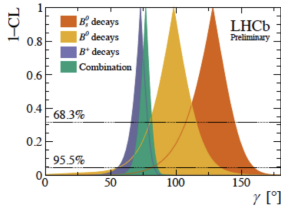
Physics Highlights

Misura di γ usando $B^+ \rightarrow DK^+$ con
 $D \rightarrow K_S h^+ h^-$



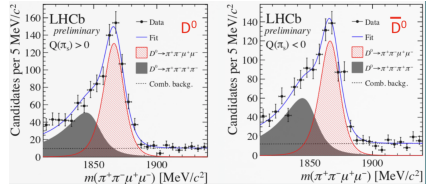
$\gamma = (80_{-9}^{+10})^\circ$: più precisa determinazione di γ
 da singolo canale

Combinazione di γ



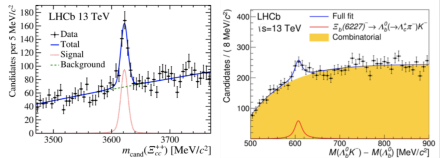
$\gamma = (74.0_{-5.8}^{+5.0})^\circ$: confronto tra B_s^0 e B^+ : 2 σ

Decadimenti rari: $D^0 \rightarrow h^+ h^- \mu^+ \mu^-$



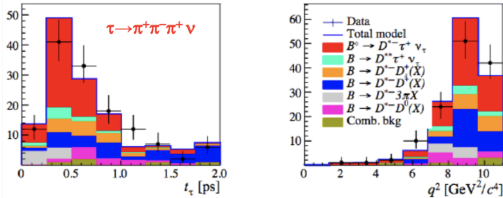
Decadimento di charm più raro mai osservato,
 $BR \sim O(10^{-7}-10^{-6})$

Spettroscopia: nuovi risultati nel settore dei
 barioni charmati: Ξ_{cc}^{++} e osservazione nuova
 risonanza Ξ_b^{*-}

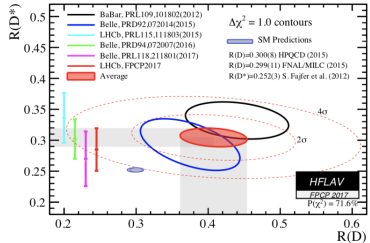


Physics Highlights

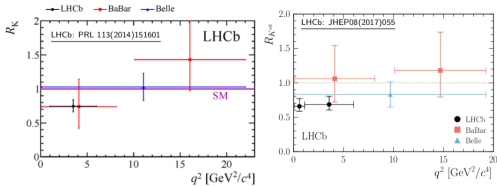
Misura di $R(D^*)$ usando decadimenti semileptonici $B^0 \rightarrow D^{(*)} - \ell^+ \nu^-$ (usando $\tau \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \nu$ e $\tau \rightarrow \mu \nu \bar{\nu}$)



Combinazione $R(D)$ e $R(D^*)$: 4σ dal MS

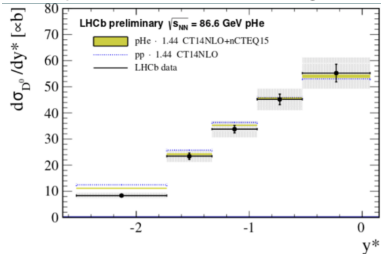


$R(K)$ e $R(K^*)$ usando $B \rightarrow K^{(*)} \ell \ell$



$> 2.0\sigma$ dal MS

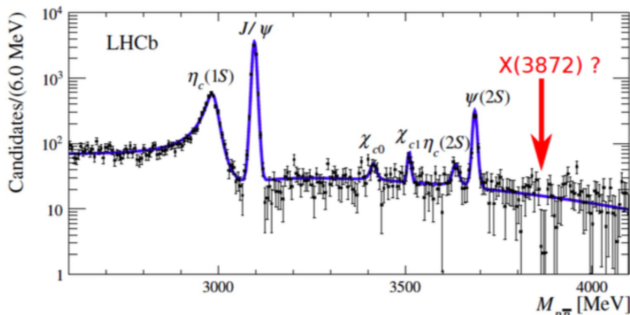
Misura produzione charm a bersaglio fisso



- Studio di decadimenti di mesoni B in 3 e 4 corpi con barioni nello stato finale
- Per lo studio di diversi aspetti del Modello Standard e di possibile fisica oltre il Modello Standard
 - Misure di branching fractions di decadimenti barionici
 - Misure di asimmetria CP
 - Ricerca di stati di charmonio, charmonium-like, esotici

Ricerca di stati esotici

- Studio di decadimenti $B^+ \rightarrow p\bar{p}K^+$ a tre corpi senza charm per la ricerca di nuovi stati di charmonio: lo stato finale $p\bar{p}$ ha il vantaggio di essere prodotto attraverso una qualunque risonanza intermedia $c\bar{c}$
 - Prima osservazione del decadimento $\eta_c(2S) \rightarrow p\bar{p}$
 - Upper limit sul decadimento $X(3872) \rightarrow p\bar{p}$ per capire la natura dello stato
 - Misura della massa e della larghezza $\eta_c(1S)$
 - Analisi pubblicata [Phys. Lett. B 769 (2017) 305]
 - Previsto l'update dell'analisi con la statistica Run1 + Run2 per ricerca/upper limit dello stato charmonium-like $X(3872)$

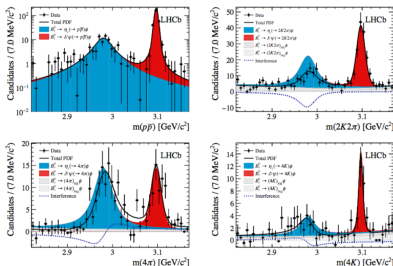


Ricerca di stati esotici

- Ricerca di stati esotici composti da quattro quarks ($c\bar{c}ud$) simili allo stato $Z(4430)^-$ osservato da Belle e confermato da LHCb nello spettro di massa invariante $\eta_c\pi^-$ nei decadimenti a quattro corpi $B^0 \rightarrow \eta_c(\rightarrow p\bar{p})K^+\pi^-$
 - Eseguita un'analisi di Dalitz per investigare le strutture risonanti del decadimento includendo tutte le possibili risonanze K^*
 - Analisi in review nella collaborazione
 - Inserita nelle Milestones INFN per LHCb per autunno 2018

Misure di violazione CP

- Studio dei decadimenti $B_s \rightarrow \eta_c \phi$ e $B_s \rightarrow \eta_c \pi^+ \pi^-$ per misure della fase nell'interferenza tra mixing e decadimento, ϕ_s , sensibile a contributi da fisica oltre il MS
 - Statistica limitata: misura di branching fractions con i dati di Run1 (in attesa dei dati di Run2)
 - Analisi pubblicata [JHEP 07 (2017) 021]



- Studio della violazione di CP usando le osservabili T-odd nei decadimenti a 4 corpi senza charm in particolare nel canale $B^0 \rightarrow p\bar{p}K^+\pi^-$
 - Sistematiche piccole: osservabili non sensibili ad asimmetrie di produzione e ricostruzione
 - Analisi in corso

Studio dello stato $h_c(1P)$

- Seguendo l'approccio degli studi recenti del decadimento $\chi_{c1,2} \rightarrow J/\psi \mu^+ \mu^-$ [PRL 119 (2017) 22, 221801], idea di ricercare il corrispondente decadimento di Dalitz dell' $h_c(1P) \rightarrow \eta_c(1P) \rightarrow (p\bar{p}, 4K) \mu^+ \mu^-$
- Non molte informazioni sullo stato di singoletto $h_c(1P)$
- Per alcuni stati di charmonio è possibile solo lo studio utilizzando decadimenti radiativi (χ_c , h_c , ...) con i problemi di ricostruzione del fotone
- Implementata nuova linea di trigger che sta runnando sui dati 2018 per verificare la fattibilità dello studio

Stato della collaborazione LHCb-Italia

- Collaborazione sostanzialmente stabile
- FTE/persone: 0.7

	2014	2015	2016	2017
Ricercatori	95	101	109	109
Tecnologi	21	22	16	16
Ricercatori FTE	79	78	83	83
Tecnologi	6	8	7	7
Autori	89	97	97	104
Post-Doc	21	20	14	18
Dottorandi	9	13	22	19
MOF-A paganti	75	83	72	79

Personale LHCb@Genova per 2019

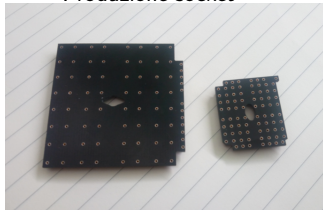
Matteo Bartolini	Dottorando	100%
Roberta Cardinale	RTDA	100%
Giovanni Cavallero	Post-Doc	100%
Flavio Fontanelli	PA	70%
Alessandro Petrolini	PO	100%
Elena Santopinto	Ricercatore	20%

- HV system (Flavio Fontanelli)
- Coordination of the WP Elementary Cell of the photo-detector, Deputy Coordinator for the RICH upgrade (Alessandro Petrolini)
- RICH upgrade testbeam coordinator (Roberta Cardinale)
- DCS and Database development (Giovanni Cavallero)

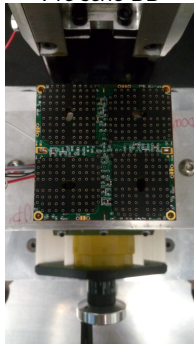
Stato delle gare per LHCb/RICH upgrade

- Socket per la Baseboard: completata via CERN, produzione in corso (consegnato batch 3/4)
- Baseboard: completata via INFN, produzione in corso. Atteso primo batch a Settembre 2018
- Lavorazioni finali meccaniche: tender in corso via CERN

Produzione socket



Pre-serie BB



Prototipo case



Supporto da servizi di sezioni

- Progettazione meccanica
 - progettazione completata
 - consulenza per la produzione esterna (foratura, filettatura, trattamento superficiale) in corso
 - piccolissimi apparati che si rendessero necessari: < 1 mese uomo
- Officina meccanica
 - produzione pre-lavorati piastre completata
 - consulenza per la produzione esterna (foratura, filettatura, trattamento superficiale) in corso
 - piccolissimi apparati che si rendessero necessari: < 1 mese uomo
- Ringraziamento per l'ottimo lavoro e per il supporto!

- Supporto tecnico: ok (grazie a Pino Minì!)

Richieste fondi 2018: LHCb @ Ge

- Apparat: ~ 300 k€totali per produzione. Assegnazione residuale ~ 20 k€
- Missioni: standard (criteri CNS1)
- Consumo metabolismo: criteri standard CNS1/LHCb
- MOF-B del RICH