

LNF-11/ 11 (IR)
5 Luglio 2011

**IL PROGETTO DELLA NUOVA SALA CALCOLO E LA FARM DI ATLAS
DEI LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI**

Elisabetta Vilucchi, Alberto Annovi, Mario Antonelli, Fabio Cerutti,
Claudio Gatti, Agnese Martini, Massimo Pistoni, Ruggero Ricci,
Ugo Rotundo, Marianna Testa, Sandro Vescovi

INFN-Laboratori Nazionali di Frascati Via E. Fermi 40, I-00044 Frascati, Italy

Hanno collaborato alla stesura di questo documento:

Capitoli 1,2,3,4:

Alberto Annovi – responsabile del Tier2

Mario Antonelli – responsabile del gruppo ATLAS di Frascati

Agnese Martini – tecnologa

Massimo Pistoni – responsabile del servizio di calcolo

Ruggero Ricci – responsabile del servizio impianti elettrici

Ugo Rotundo – responsabile del servizio impianti a fluido

Sandro Vescovi – responsabile delle sicurezze

Elisabetta Vilucchi – responsabile operativo del Tier2 e deputy del responsabile

Capitolo 5:

Alberto Annovi

Mario Antonelli

Fabio Cerutti – ricercatore

Claudio Gatti – ricercatore

Marianna Testa – assegno di ricerca

Il progetto esecutivo per l'ampliamento dell'impianto elettrico è a cura dell'ingegner Roberto Giorgi; il progetto esecutivo per l'ampliamento dell'impianto di condizionamento è a cura dell'ingegner Marco Di Pietro e entrambi i progetti sono allegati al presente documento.

Indice delle figure

Figura 1: Schema di interconnessione	8
Figura 2: Connettività alla rete geografica	9
Figura 3: Sharing delle risorse di calcolo tra i diversi ruoli	12
Figura 4: Availability e reliability del Tier2 di Frascati negli ultimi 12 mesi	15
Figura 5: Sharing delle risorse dei siti italiani per la produzione	16
Figura 6: Sharing delle risorse dei siti italiani per l'analisi	16
Figura 7: Wall clock time dei job eseguiti confrontato con le risorse del sito	17
Figura 8: Efficienza della cloud italiana	17
Figura 9: Planimetria attuale della sala calcolo	18
Figura 10: Planimetria della sala calcolo dopo i lavori infrastrutturali	19
Figura 11: Schema di principio dell'alimentazione ridondata per una utenza dotata di alimentatore ridondata	22
Figura 12: Layout del nuovo sistema di condizionamento	25
Figura 13: Efficienza di ricostruzione dei muoni in funzione dell'impulso trasverso	29
Figura 14: Risoluzione in impulso dello spettrometro in funzione dell'impulso trasverso	30
Figura 15: Risoluzione della misura dell'energia trasversa mancante su vari campioni Monte Carlo	31
Figura 16: Distribuzione della massa trasversa per i candidati $W \rightarrow \mu \nu$	32
Figura 17: Distribuzione della massa invariante per i candidati $Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$	32
Figura 18: Rapporto tra la predizione NLO + NLL di FONLL e vari modelli	33
Figura 19: Spettro di massa invariante per i dimuoni nella regione della J/Ψ per centralità comprese nell'intervallo 10-20%	34
Figura 20: RC/RCP in funzione della centralità	35

Indice delle tabelle

Tabella 1: Risorse del 2011 e ipotesi di crescita fino al 2013 per il Tier2 di Frascati	6
Tabella 2: Ipotesi di crescita del consumo del Tier2 di Frascati	6
Tabella 3: Valori di BEA e BGA	9
Tabella 4: Risorse di calcolo del Tier2 di Frascati	10
Tabella 5: Risorse di storage del Tier2 di Frascati	11
Tabella 6: Server che ospitano i servizi del Tier2	14
Tabella 7: Valori medi per il 2011 di availability e reliability dei Tier2 italiani	15
Tabella 8: Interruzioni del servizio degli ultimi quindici anni	20
Tabella 9: Potenze di raffreddamento installate in seguito alla ristrutturazione ...	24
Tabella 10: Sistema antincendio	27

Sommario

Indice delle figure	3
Indice delle tabelle	3
Sommario.....	4
1. Introduzione	5
2. Tier2 di ATLAS.....	5
2.1. Stima delle dimensioni del Tier2 di ATLAS di Frascati	6
3. Il Tier2 di ATLAS di Frascati	7
3.1. Infrastruttura di rete.....	7
3.2. Risorse Computazionali	9
3.3. Il sistema di storage	10
3.4. Sistemi di installazione.....	11
3.5. Sistemi di code batch	11
3.6. Sistemi di monitoring e allarmistica.....	13
3.7. Servizi della farm.....	13
3.8. Accounting e performance del sito.....	14
4. La Sala Calcolo	18
4.1. Logistica	18
4.2. Impianti tecnologici.....	19
4.2.1. Impianti elettrici e continuità di servizio.....	20
4.2.2. Sistemi di raffreddamento e trattamento dell'aria	23
4.2.3. Impianto anti-incendio.....	26
4.2.4. Sistemi di allarme.....	27
4.3. Risorse umane	27
5. Attività del gruppo di ATLAS di Frascati.....	28
5.1. Analisi.....	28
5.1.1. Determinazione delle prestazioni dello spettrometro a μ dai dati	28
5.1.2. Ricostruzione dell'energia trasversa mancante	30
5.1.3. Misura della sezione d'urto di produzione di $Z \rightarrow \mu^+ \mu^- e$ e $W \rightarrow \mu \nu$	31
5.1.4. Misura della sezione d'urto di produzione inclusiva di muoni	33
5.1.5. Produzione della J/Ψ in funzione della centralità in collisioni Pb Pb.....	34
5.2. Studio dell'architettura e simulazioni del processore Fast-Tracker	35
Riferimenti	37

1. Introduzione

I Laboratori Nazionali di Frascati ospitano un proto-Tier2 di ATLAS e alcune risorse di calcolo e di storage ad uso del gruppo locale. La farm in Grid svolge le funzioni di un Tier2, pur essendo di dimensioni ridotte (circa un terzo di un Tier2).

Oltre alla farm di ATLAS, i Laboratori ospitano cluster di calcolo e risorse di storage di altri gruppi, tra cui: il gruppo degli acceleratori impegnato nel progetto SuperB, il gruppo ALICE, il gruppo dei teorici, ecc...; per cui si è ritenuto opportuno costituire, all'interno del servizio del centro di calcolo, un reparto dedicato al calcolo scientifico **[CS]**. La creazione di questo reparto, subordinata a una serie di lavori infrastrutturali da realizzare, consentirà la collaborazione tra gli esperimenti, al fine di arrivare alla condivisione di competenze e all'acquisto di sistemi di calcolo e storage comuni. Inoltre, la messa in comune di alcuni servizi (ad esempio: un unico sistema di code batch e un server per le installazioni comune) e di personale tecnico dedicato porterebbe certamente ad un uso più efficace delle risorse umane.

2. Tier2 di ATLAS

L'esperimento ATLAS utilizza un modello di calcolo basato sul paradigma Grid e su un elevato grado di decentramento e condivisione delle risorse di calcolo **[CM]**. Questo modello richiede che i dati siano spediti nei vari centri di calcolo e che i job degli utenti siano inviati nei siti in cui si trovano i dati.

Il modello di calcolo di ATLAS è costituito da una struttura gerarchica, formata da un Tier0, dieci Tier1 ed un certo numero di centri Tier2. Il Tier0 si trova al CERN e viene utilizzato per elaborare e memorizzare su nastri i dati provenienti dal rivelatore; quindi i dati vengono distribuiti centralmente alle cloud nazionali, formate dal Tier1 ed i Tier2 e Tier3 ad esso associati.

Nei Tier1 i dati vengono memorizzati e rielaborati con costanti di calibrazione migliori; i Tier2 sono utilizzati per la simulazione Monte Carlo e l'analisi degli utenti finali. Infine, i cluster dei Tier3, che si trovano nella maggior parte degli istituti, sono utilizzati per la fase finale dell'analisi e per provare il codice che girerà su scala più ampia nei Tier2.

La cloud italiana di ATLAS è formata dal Tier1, il CNAF, quattro Tier2, Frascati, Milano, Napoli e Roma1 e i Tier3, generalmente uno per ogni istituto o sito Tier2.

Poiché i Tier2 devono fornire capacità di calcolo per la produzione Monte Carlo e l'analisi dati da parte degli utenti e dei gruppi di fisica, nei sistemi di storage dei Tier2 vengono memorizzati i dati necessari all'analisi, l'output dell'analisi degli utenti e i dati selezionati dai gruppi di fisica e dai gruppi di performance del detector; questi dati derivati sono l'input per analisi successive in Grid e l'output di questi job saranno istogrammi e/o n-tuple ROOT memorizzate nei Tier3 per l'analisi in interattivo.

2.1. Stima delle dimensioni del Tier2 di ATLAS di Frascati

Lo share delle risorse della cloud italiana è pari a circa il 10% delle risorse dell'esperimento.

Partendo dalle previsioni di calcolo dei prossimi anni, ([SR, ACRR]), possiamo ricavare dei valori di riferimento che sono punti di partenza per il dimensionamento di un centro di calcolo che possa ospitare il Tier2 di una cloud con uno share del 10%.

Nella Tabella 1 riportiamo i valori della potenza di calcolo e dello spazio disco per il Tier2 di Frascati per il 2011 e un ordine di grandezza del trend di crescita delle risorse che il sito potrebbe ospitare fino al 2013.

	2011	2012	2013
CPU (Hep Spec 06)	2321	7000	8000
Disco (TB)	260	1000	1300

Tabella 1: Risorse del 2011 e ipotesi di crescita fino al 2013 per il Tier2 di Frascati

Ipotizziamo per gli apparati di calcolo e di storage i consumi sotto riportati:

- Server dual quad-core: circa 300W;
- Server di calcolo twin pari a due macchine dual quad-core con 200 HS di capacità di calcolo, oppure pari a due macchine dual esa-core con 300 HS di capacità di calcolo: circa 500W;
- Sistema raid da 108 dischi da 2TB completo di quattro server (cioè circa 170TB netti): circa 3kW.

Allora, i numeri nella Tabella 2 rappresentano una stima della potenza elettrica che dovrebbe essere necessaria al Tier2 di Frascati per alimentare gli apparati fino al 2013:

	2011	2012	2013
CPU(kW)	5.8	13.6	15.3
Disco (kW)	4.6	17.6	23
TOTALE kW	10.4	31.2	38.3
Contingenza del 20% per switch, vecchi apparati, ecc...	13	38	46

Tabella 2: Ipotesi di crescita del consumo del Tier2 di Frascati

3. Il Tier2 di ATLAS di Frascati

Le macchine e i sistemi di storage che formano la farm di ATLAS dei Laboratori sono distribuiti su tre armadi nella sala del centro di calcolo (Figura 9): due armadi dedicati a server e storage ed uno per soli sistemi di storage.

Il middleware adottato per la farm del Tier2 è la release INFNGrid di gLite (release 3.1 su SL4 e 3.2 su SL5), ci sono poi delle risorse di calcolo e disco, non inserite nella Grid, ad uso del gruppo locale.

3.1. Infrastruttura di rete

Ciascuno dei due rack dei server della farm del Tier2 è dotato di uno switch di rete 3Com 4500G. Entrambi questi switch sono configurati con 48 porte Gigabit Ethernet e due uplink a 10 Gigabit Ethernet; inoltre, nello switch che serve il rack contenente i server di disco più recenti, sono state configurate anche due ulteriori porte a 10 Gigabit Ethernet, per collegare gli ultimi server di disco acquistati; tutti gli altri server all'interno del rack sono connessi alle porte Gigabit Ethernet, mentre l'interconnessione tra i rack avviene grazie ad uno dei due uplink a 10Gb/s. Uno dei due switch 3Com è connesso allo switch centrale del servizio di calcolo tramite una porta Gigabit Ethernet, lo schema di interconnessione è rappresentato in Figura 1.

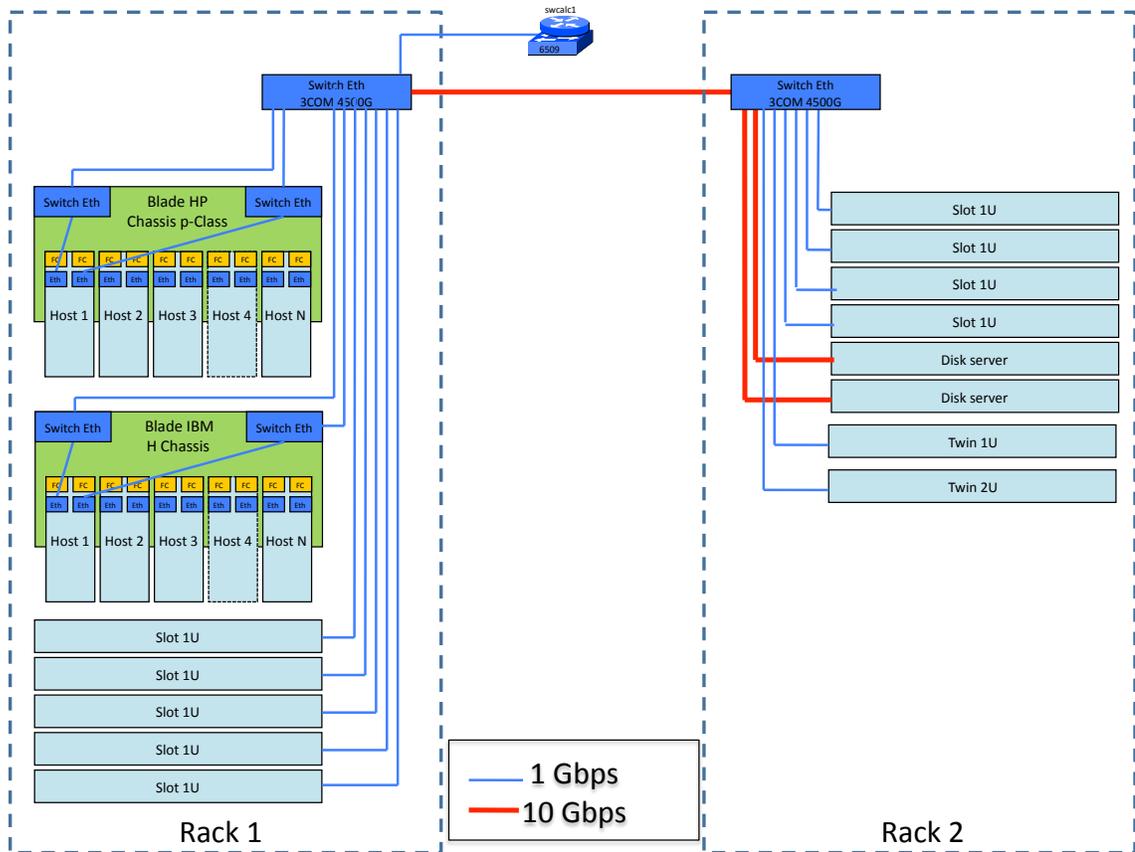


Figura 1: Schema di interconnessione

Ai nodi di rete del Tier2 è dedicata una network IP pubblica di classe C per la raggiungibilità sulla rete Internet (indirizzo 192.84.128.0/24) e una privata per l'accesso alle console e la gestione degli apparati (indirizzo 192.168.222.0/24).

Per la connettività verso la rete geografica, i Laboratori hanno il POP GARR nell'edificio Calcolo. La connessione fisica, v. Figura 2, è in fibra ottica (1 Gbps, aumentabile a 2Gbps) e la banda impegnata, 500 Mbps, può essere aumentata tramite semplici interventi software. Il POP GARR a sua volta è connesso al nodo di Roma con 2 link di backbone a 2.5 Gb/s [MP].

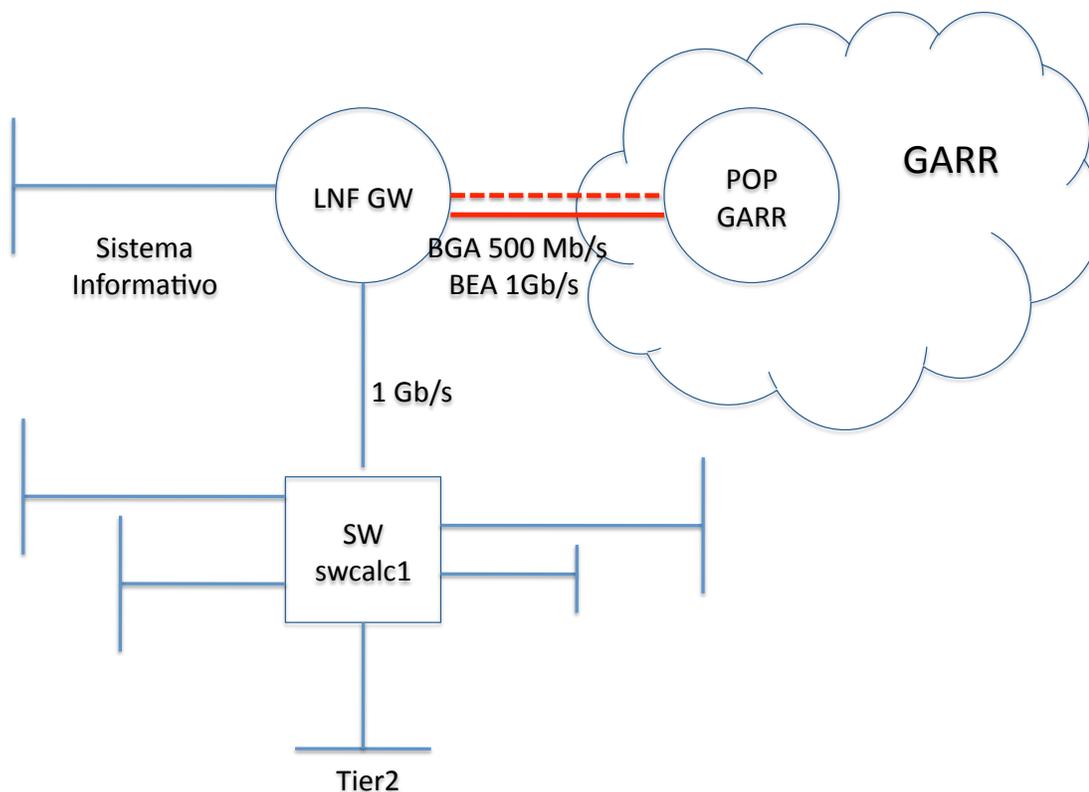


Figura 2: Connettività alla rete geografica

Di seguito, nella Tabella 3, i valori di BEA e BGA:

BGA in uscita complessiva	500 Mbps
BGA in entrata complessiva	500 Mbps
BEA verso il GARR	1 Gbps

Tabella 3: Valori di BEA e BGA

3.2. Risorse Computazionali

I nodi di calcolo della farm del Tier2 sono di due tipi: otto macchine IBM del tipo Blade e sedici macchine del tipo Twin. Il sistema operativo è Scientific Linux 5 e, per i nodi twin con processore Intel Xeon E5520/5620, abbiamo abilitato l'HyperThreading e assegnato due job slot per core. La farm è composta da 352 job slot, per un totale di 2321 HS.

Numero	Tipologia	CPU	Num. core	Job Slot	HepSpec06
8	Blade IBM	Intel Xeon E5430 2.66 GHz	8	8	72.12
6	Twin	Intel Xeon E5520 2.27 GHz	8	16	92.83
12	Twin	Intel Xeon E5620 2.4 GHz	8	16	98.95
TOTALE					
26				352	2321

Tabella 4: Risorse di calcolo del Tier2 di Frascati

3.3. Il sistema di storage

La farm è dotata di tre sistemi di storage configurati in RAID6 con dischi spare. Di questi, due sono sistemi nuovi Dot Hill, mentre uno è un sistema più vecchio SUN/StorageTek.

Il software che espone lo storage alla griglia è DPM: Disk Pool Manager, una soluzione leggera e sicura per gestire storage disco che implementa tutte le funzionalità SRMv2.2 ed è semplice da gestire. Il sistema comprende un head node che gestisce quattro disk server.

Tutti i disk server sono collegati alla farm con connessione a 10Gbps, fatta eccezione per i disk server più vecchi che servono il sistema SUN/StorageTek 6140. Infatti, è stato dimostrato, attraverso numerosi test di analisi (ATLAS Hammer Cloud test), che l'accesso dei nodi di calcolo ai dati rappresentava uno dei colli di bottiglia per l'analisi (il throughput del singolo job è di circa 4 MB/s), per cui inizialmente abbiamo configurato in bonding le due interfacce di rete a 1Gbps dei disk server, ed in seguito, avendo a disposizione switch ethernet con moduli a 10Gbps, abbiamo acquistato disk server dotati di interfacce di rete a 10Gbps.

I file system usati sono XFS su volumi da circa 9TB; infatti, anche il sistema più vecchio è stato recentemente aggiornato e riformattato per ottenere solamente quattro file system da 9TB, al fine di migliorare l'efficienza del trasferimento dati verso il sito. Il DPM, infatti, non è in grado di gestire il bilanciamento del carico tra i diversi disk server, ma utilizza in maniera round robin tutti i file system disponibili, per cui è stato necessario compattare i numerosi file system più vecchi da 2TB in pochi da 9TB, al fine di alleggerire il carico dei trasferimenti verso i disk server che li montavano ed evitare errori durante i trasferimenti intensivi. Al momento, comunque, di questi quattro file system, solo due sono online, poiché gli altri saranno a breve migrati su un altro disk server.

Il software del DPM è ancora installato su macchine con SL4, poiché siamo in attesa della release 1.8, più stabile, che porterà la migrazione dell'head node e di tutti i server di disco a SL5.

L'esperimento utilizza lo storage servito dal DPM tramite l'implementazione degli space token, che consentono di riservare spazio disco per specifiche attività.

Di seguito una tabella riepilogativa con informazioni sui tre sistemi di storage:

Vendor	Num. dischi	Tipo dischi
SUN/Stragetek 6140	48	SATA 1TB
Dott Hill	36	SATA 2TB
Dott Hill	36	SATA 2TB
TOTALE 192 TB RAW		

Tabella 5: Risorse di storage del Tier2 di Frascati

3.4. Sistemi di installazione

Il sistema operativo installato sulle macchine è Scientific Linux, versione 5 per i worker node, il site-BDII ed il CREAM CE, versione 4 per l'lcg-CE, l'HLR, l'SE ed i disk server del DPM. Per l'installazione del sistema operativo è disponibile un server per effettuarla via PXE, utilizzando un kickstart file ed il repository dei laboratori di Scientific Linux.

Il software dell'esperimento viene installato da job lanciati centralmente, in un'area dedicata di uno dei sistemi di storage. Quest'area viene esportata via NFS ai worker node, alla UI e al cluster locale, per cui gli utenti possono utilizzarlo anche per l'attività in locale.

3.5. Sistemi di code batch

L'lcg-CE ospita il batch system della farm: un server con software open source PBS/Torque e scheduler Maui.

Attualmente il batch system è configurato con un sistema di code per esperimento, oltre ad una coda short per job di breve durata (inferiori alle due ore di cpu time e quattro di wall time). Per un uso ottimale del cluster da parte delle varie attività di ATLAS abbiamo adottato il sistema delle job-priorities **[JP]**. Infatti, lo scheduler Maui è stato configurato in modo da assegnare priorità differenti ai job appartenenti ai differenti gruppi unix su cui vengono mappati i gruppi o ruoli di utenti della virtual organization (VO) ATLAS, quali: gruppo *atlas/it*, ruolo *production*, ruolo *gestione del software*, ecc...

Abbiamo inoltre implementato il sistema del fair-share, per tener conto, oltre che di differenti priorità assegnate, anche dello storico dell'uso delle risorse. Queste informazioni, grazie al meccanismo delle VOviews, sono pubblicate nell'Information System e il WMS ne tiene conto nell'assegnare i job ai siti, ottenendo così un'assegnazione più bilanciata delle attività. Ciò non avviene se i job vengono sottomessi tramite Panda, un sistema sviluppato dall'esperimento

per la produzione e l'analisi distribuita, che invia i job direttamente al sito senza utilizzare il WMS ed ha un proprio sistema di gestione delle priorità.

Per le esigenze di calcolo dell'esperimento le risorse del Tier2 devono essere equamente distribuite tra la produzione e l'analisi, dove i job di analisi sono sottomessi attraverso il WMS e Panda. Inoltre, gli utenti possono autenticarsi sulla Grid con l'appartenenza al gruppo degli utenti di ATLAS italiani, in modo tale da poter accedere alle risorse con uno share dedicato. Quindi, nel server Torque, oltre a gruppi di servizio, come quello con ruolo di gestione del software dell'esperimento o di monitoring delle risorse, sono stati creati i seguenti gruppi di utenti che accedono alle code riservate ai job di ATLAS:

- produzione
- analisi (generico)
- analisi italiano
- analisi tramite Panda
- analisi tramite Panda italiano

dove tutti i gruppi dedicati all'analisi devono utilizzare complessivamente la stessa percentuale di risorse dedicate alla produzione. La configurazione dello scheduler è in fase di ottimizzazione, e viene ancora studiata al fine di raggiungere una distribuzione gerarchica delle risorse di calcolo tra i vari ruoli di analisi, ed ottenere quindi esattamente la suddivisione delle risorse tra produzione e analisi in ogni situazione di utilizzo della farm.

Nella Figura 3 un esempio della condivisione delle risorse di calcolo della farm di Frascati tra i job di produzione (in verde), i job di analisi tramite Panda (giallo per utenti generici e viola per il ruolo italiano) e i job di analisi tramite il WMS (rosso).

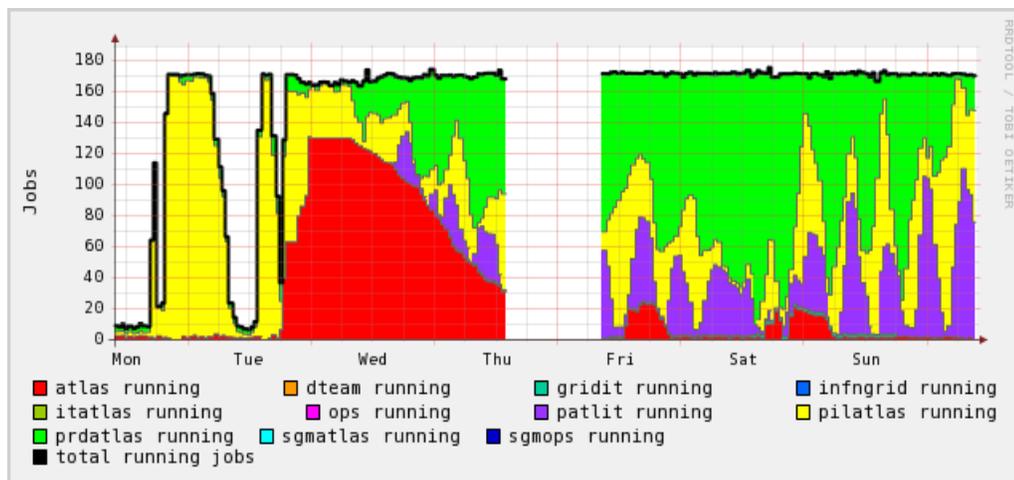


Figura 3: Sharing delle risorse di calcolo tra i diversi ruoli

Per quanto riguarda l'attività del gruppo locale, al momento questa è di due tipi: attività in interattivo e sottomissione di job sulla griglia.

Infatti, gli utenti hanno a disposizione una user interface (UI) a cui è

connesso lo storage dedicato al gruppo locale (file system XFS senza software del middleware). La UI monta anche l'area AFS dei laboratori, dove gli utenti hanno home di piccole dimensioni, e l'area dedicata al software di ATLAS. Quindi, gli utenti possono lanciare job in interattivo e salvare gli output sul disco locale o sullo Storage Element della farm, oltre a poter salvare nei dischi locali i dati trasferiti dalla Grid e lanciare job sulla Grid.

Sempre per il gruppo locale, abbiamo acquistato un'altra macchina su cui installare un'altra user interface; anche questo server potrà essere usato come disk server e sarà possibile attivare l'hyper threading, per cui gli utenti avranno più CPU a disposizione per lavorare in interattivo. Inoltre, avendo a disposizione alcune macchine che possono essere dedicate al calcolo locale, abbiamo intenzione di installare un Torque server sull'attuale user interface, per costruire un cluster di sole code locali.

In futuro, quindi, gli utenti di ATLAS dei LNF avranno a disposizione due user interface che monteranno ciascuna una parte dello storage locale e dalle quali potranno lanciare job in interattivo, sottomettere job al sistema di code locali distinto da quello dedicato alla Grid, sottomettere job alla Grid, accedere ai dati memorizzati nella Grid tramite i tool di data management (dq2) ed i comandi della Grid, oltre agli strumenti per fare analisi sulla Grid (Ganga).

3.6. Sistemi di monitoring e allarmistica

Il sistema di monitoring della farm è costituito da:

- il server Ganglia della farm (atlasmon.Inf.infn.it/ganglia) che controlla lo stato di tutte le risorse della farm (CPU, disco, rete, ...) e su cui sono stati installati plugin specifici per controllare lo stato delle code del batch system, e lo stato di occupazione degli space token del DPM;
- il server Nagios del centro di calcolo (nagios.Inf.infn.it/nagios, visibile solo dalla rete interna ai Laboratori) che controlla lo stato dei server della farm e degli switch ethernet;
- i servizi Grid al momento sono controllati dal server Nagios del CNAF (<https://mon-it.cnaf.infn.it/nagios/>), ma abbiamo in programma di installarne uno ai Laboratori che controlli anche i servizi Grid, oltre allo stato dei server.

3.7. Servizi della farm

Oltre allo storage element, di cui abbiamo parlato nel paragrafo 3.3, gli altri servizi ospitati dalla farm sono:

- due computing element: l'lcg-CE con gLite 3.1 su SL4, che per il momento non è ancora stato dismesso ma viene attivamente utilizzato, ed il CREAM CE che prende il posto dell'lcg-CE poiché di quest'ultimo non è stata rilasciata la release per SL5;

- il site-BDII, con release del middleware gLite 3.2 su SL5, che sarà prossimamente migrato su una macchina virtuale che installeremo sul server che attualmente ospita il CREAM CE (per cui anche quest'ultimo sarà migrato su macchina virtuale);
- il sistema di accounting dell'uso delle CPU basato su D-GAS ed un server HLR di primo livello su gLite 3.1. I dati di accounting sono visibili sul portale HLRmon all'indirizzo:
<https://dgas.cnaf.infn.it/hlrmon/welcome/welcome-custom.html>.

Nella Tabella 6 sono riportate le caratteristiche delle macchine che ospitano i servizi della farm:

Servizio	Hostname	Server
Lcg-CE	atlasce1.lnf.infn.it	AMD Opteron 2.4GHz dual CPU dual core
CREAM CE	atlasce2.lnf.infn.it	Intel Xeon 2.13GHz dual CPU quad core
DPM head node, pool node	atlasse.lnf.infn.it	AMD Opteron 2.4GHz dual CPU dual core
DPM pool node	atlasdisk2.lnf.infn.it	AMD Opteron 2.4GHz dual CPU dual core
DPM pool node	atlasdisk3.lnf.infn.it	Intel Xeon 2.00GHz dual CPU quad core
DPM pool node	atlasdisk4.lnf.infn.it	Intel Xeon 2.13GHz dual CPU quad core
site-BDII	atlasbdii.lnf.infn.it	AMD Opteron 2.4GHz dual CPU dual core
HLR	atlashlr.lnf.infn.it	Intel Xeon 3.00GHz, dual CPU dual core
Server Ganglia	atlasmon.lnf.infn.it	Intel Xeon 2.00GHz, dual CPU quad core

Tabella 6: Server che ospitano i servizi del Tier2

3.8. Accounting e performance del sito

Ogni sito in Grid, ed in particolare un Tier2, deve garantire alti livelli di disponibilità ed affidabilità. Lo stato dei servizi del sito è controllato centralmente e i valori di disponibilità ed affidabilità (availability e reliability) sono calcolati ogni mese e sono disponibili nel portale di EGI (European Grid Infrastructure):

https://wiki.egi.eu/wiki/Availability_and_reliability_monthly_statistics.

In Figura 4 riportiamo il grafico con i valori di availability e reliability dell'ultimo anno del sito di Frascati.

A parte i mesi di novembre 2009 e settembre 2010, i valori di availability e reliability del sito risultano sempre molto alti.

A settembre 2010 ci sono stati moltissimi problemi nei trasferimenti dati verso il sistema di storage più vecchio. Questi problemi hanno portato al fallimento di numerosi test Nagios ed hanno abbassato l'availability e reliability del sito al punto che siamo stati costretti a rimuovere i file system dal DPM.

A novembre 2009 si è verificato un guasto hardware sul blade HP che ospitava lo storage element e due disk server. Tale guasto si è verificato alla fine

di un downtime di quattro giorni dovuto ad una migrazione importante, e la ditta che è intervenuta è stata in grado di ripararlo solo dopo alcuni giorni.

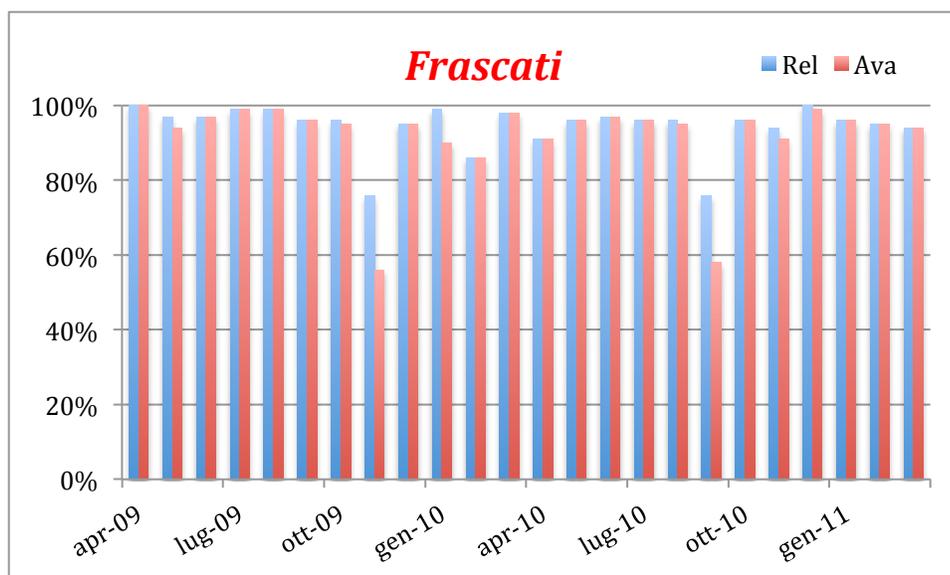


Figura 4: Availability e reliability del Tier2 di Frascati negli ultimi 12 mesi

In ogni caso, i valori di availability e reliability per il 2011 sono nella media, se non tra i migliori, di quelli dei Tier2 italiani, come riportato nella Tabella 7.

Valori medi 2011			
Frascati		Milano	
rel	ava	rel	ava
95%	94%	93%	93%
Napoli		Roma	
rel	ava	rel	ava
93%	92%	98%	97%

Tabella 7: Valori medi per il 2011 di availability e reliability dei Tier2 italiani

Le buone performance raggiunte dal sito, hanno fatto sì che la farm, pur se non di grandi dimensioni, sia stata comunque sempre pienamente utilizzata, come dimostra l'accounting delle risorse riportato dal portale HLRmon (<https://dgas.cnaf.infn.it/hlrmon/welcome/welcome-custom.html>) e lo share delle risorse della cloud italiana utilizzate per la produzione e l'analisi. Infatti, i grafici nella Figura 5 e Figura 6 mostrano che il proto-Tier2 di Frascati contribuisce alle attività di produzione e analisi della cloud italiana con una percentuale pari a

circa un terzo della percentuale di un Tier2 approvato, essendo la dimensione della farm di Frascati circa un terzo di quella di uno dei tre Tier2 italiani.

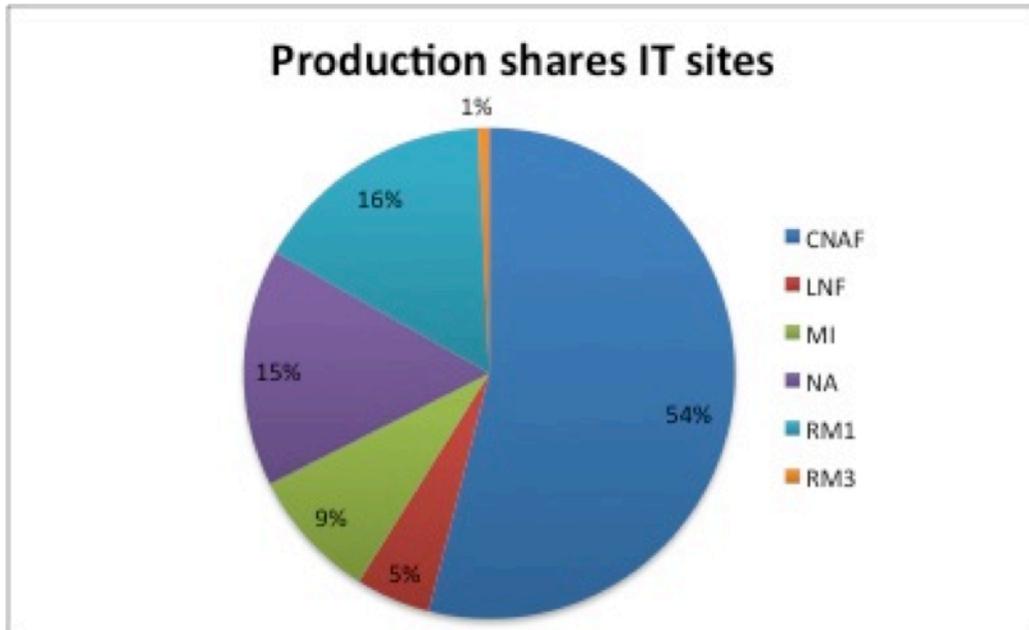


Figura 5: Sharing delle risorse dei siti italiani per la produzione

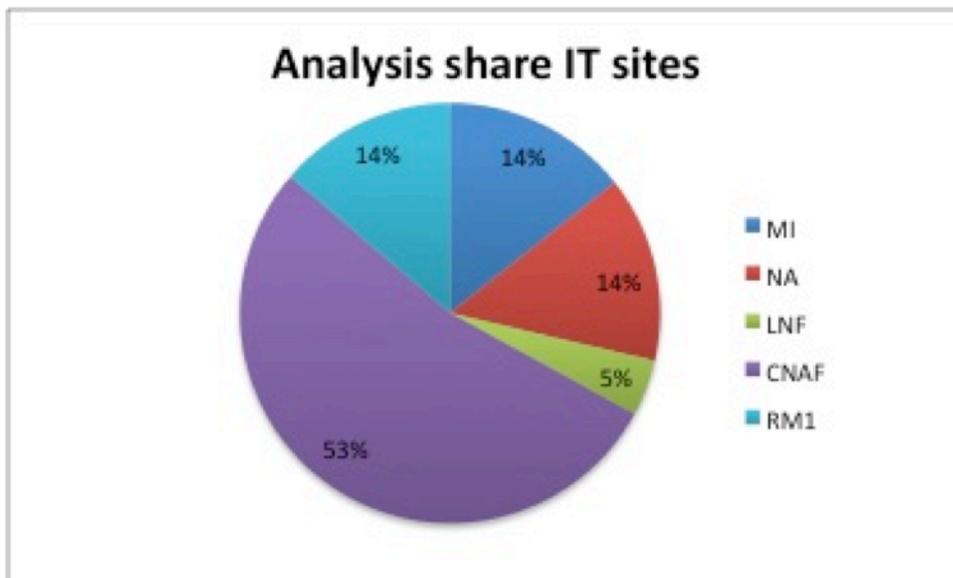


Figura 6: Sharing delle risorse dei siti italiani per l'analisi

L'uso delle risorse di calcolo del sito è evidente anche dal portale HLRmon, da cui possiamo estrarre il grafico (Figura 7) che confronta i valori di wall clock time, espressi in hep spec, con i valori di hep spec dichiarati dal sito (linea rossa) e quelli rilevati dal BDII (linea blu) nell'ultimo anno. La linea blu è più alta perché corrisponde agli hep spec ottenuti attivando l'hyper threading su tutte le CPU,

anche se in realtà a volte abbiamo abbassato il numero delle job slot disponibili a causa di problemi di occupazione dello spazio disco.

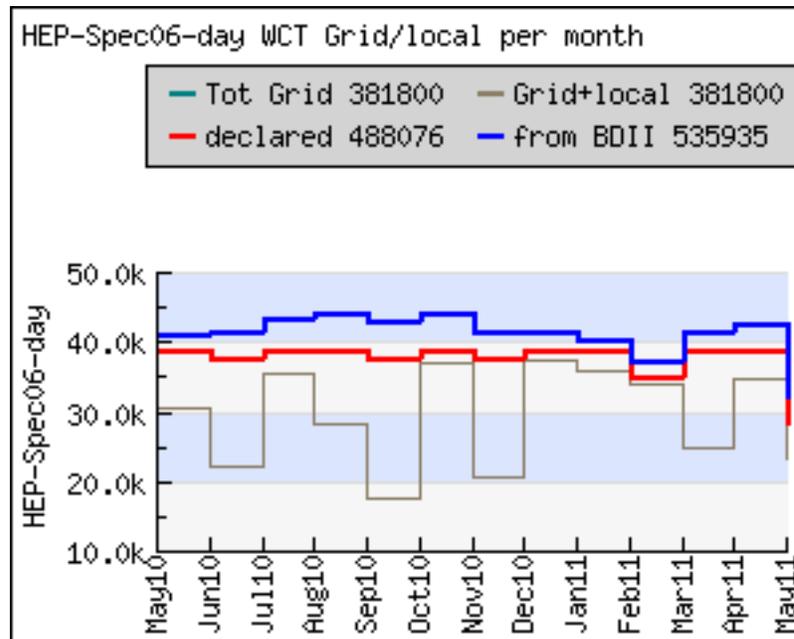


Figura 7: Wall clock time dei job eseguiti confrontato con le risorse del sito

L'efficienza del sito, inoltre, risulta tra le più alte della cloud, come mostrato nel grafico in Figura 8 in cui sono riportati i valori medi di efficienza dei job di produzione dei siti della cloud italiana, calcolati nell'ultimo anno.

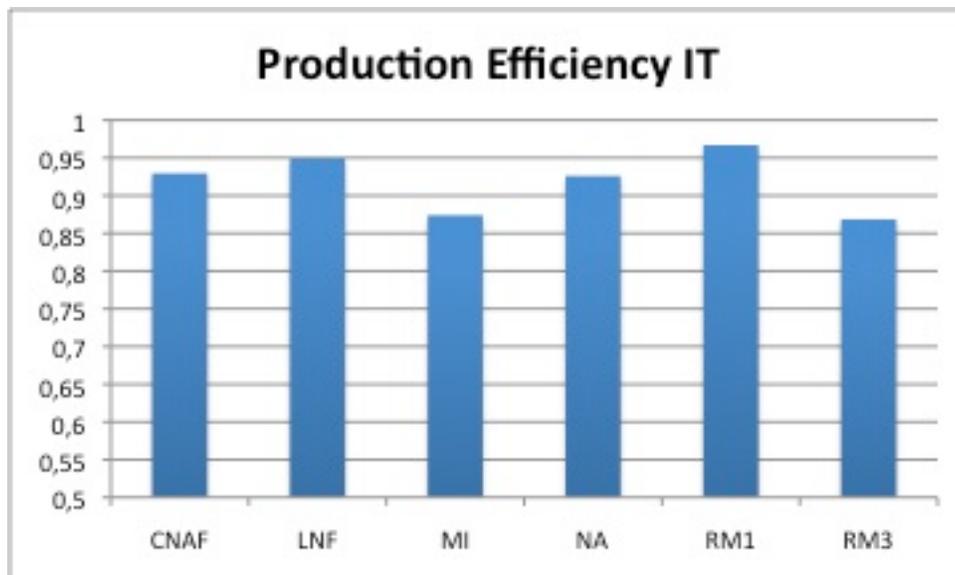


Figura 8: Efficienza della cloud italiana

4. La Sala Calcolo

4.1. Logistica

I Laboratori Nazionali di Frascati hanno in programma l'espansione della sede dell'attuale servizio di calcolo sia per alloggiare l'installazione del Tier2 di ATLAS, che per fornire nuove risorse alle strutture interne (ALICE, DAFNE2, SuperB ed esperimenti ad esso collegati).

La sala che verrà realizzata è situata nel pian terreno di un edificio a due piani (denominato edificio Calcolo) che è stato progettato e costruito per alloggiare apparecchiature informatiche e di calcolo. Il piano superiore è dedicato ad uffici del personale del calcolo.

Il piano inferiore ospita le apparecchiature informatiche del Servizio di Calcolo dei LNF, una libreria a nastri dell'esperimento Kloe, il Sistema Informativo dell'INFN e il POP GARR dell'area di Frascati (v. Figura 9 della planimetria attuale).

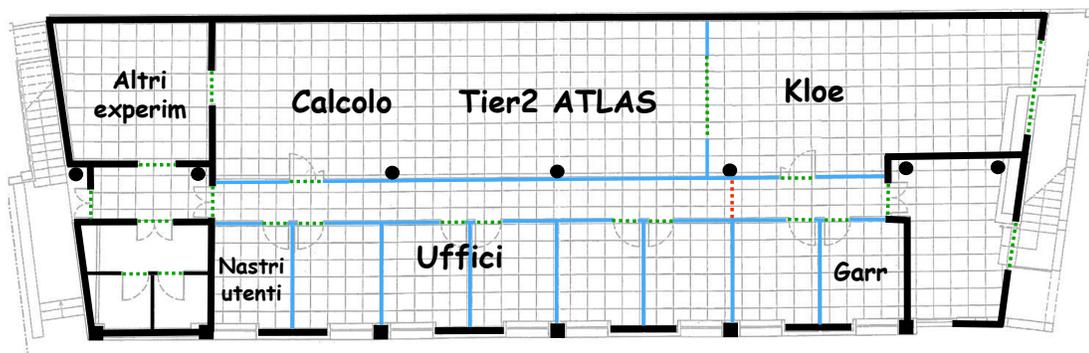


Figura 9: Planimetria attuale della sala calcolo

La sala, ricavabile previa rimozione di alcune pareti mobili, è attrezzata con:

- rampa d'accesso dal piano stradale
- pavimento flottante di altezza 60cm e portata di 400 Kg/m²
- controsoffitto con impianto di illuminazione a doppio circuito dotato di luci d'emergenza
 - pareti mobili fonoassorbenti
 - 2 porte d'ingresso/uscita per persone e/o materiale informatico dotate di maniglioni antipánico
 - 1 porta (a 2 ante) d'ingresso/uscita per persone e materiale informatico avente luce di 220cm x 120cm
 - Impianto di allarme antincendio, da bilanciare con sostituzione di alcuni ugelli, ridimensionamento di tubi di trasporto del gas e installazione di nuove bombole
 - dimensioni della sala attuale (locale Calcolo-Tier2 ATLAS in Figura 9): 18,0 m x 5,4 m = 97,2 m²

- l'altezza del soffitto di 270 cm non vincola l'installazione di armadi di altezza anche superiore a 42U
- attualmente le unità tecnologiche, quali UPS, unità di condizionamento e impianto antincendio, sono collocate in aree di servizio esterne ed adiacenti all'edificio Calcolo. Il quadro di distribuzione elettrica è situato in una sala attigua a quella dedicata al Tier 2. Il gruppo elettrogeno è situato presso la sottostazione elettrica che fornisce energia a tutti i Laboratori.

In seguito all'espansione dei locali del calcolo, gli ambienti che ora ospitano gli uffici al piano terra saranno adibiti a ospitare il calcolo scientifico dei Laboratori, tra cui la farm del Tier2 di ATLAS, come mostrato nella figura sotto.

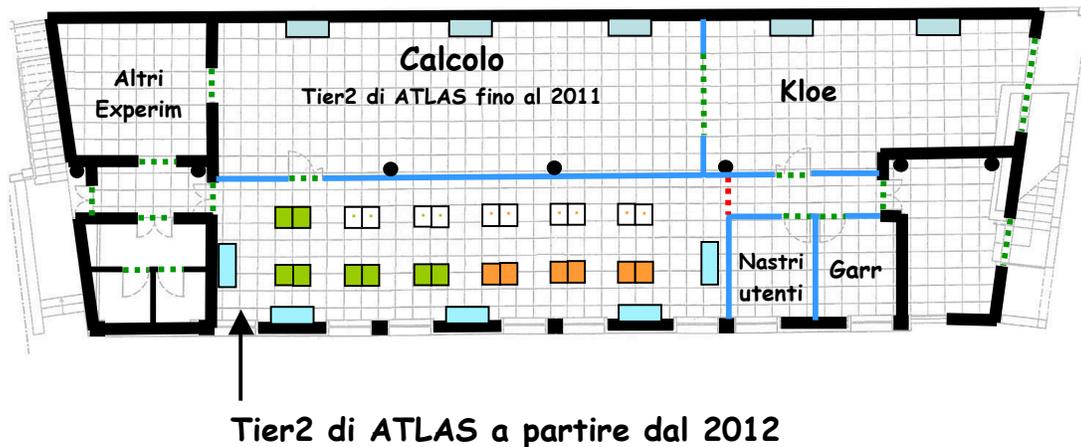


Figura 10: Planimetria della sala calcolo dopo i lavori infrastrutturali

Con i lavori programmati, gli impianti tecnologici, come il sistema di distribuzione elettrica e di condizionamento termico, saranno adeguati alle necessità previste dal Tier2 e dalle farm degli altri esperimenti, secondo i progetti descritti nei paragrafi successivi.

4.2. Impianti tecnologici

I Laboratori hanno in programma il ri-dimensionamento di alcune strutture di base per garantire la massima efficienza di funzionamento e affidabilità dei sistemi installati presso il Centro di Calcolo.

Il programma prevede l'installazione di sistemi ridondati di generatore, UPS e di condizionamento.

4.2.1. Impianti elettrici e continuità di servizio

I Laboratori di Frascati sono alimentati dalla rete elettrica pubblica in alta tensione, mediante una stazione elettrica a 150 kV di proprietà INFN. Rispetto ad altre utenze alimentate in media o bassa tensione, questo tipo di connessione alla rete assicura livelli di continuità di servizio molto più elevati. In letteratura le utenze in AT possono subire 1-2 interruzioni non programmate l'anno. In realtà, negli ultimi quindici anni, l'unica interruzione senza preavviso è avvenuta il 28/9/2003 con il black-out nazionale. Le interruzioni con preavviso, dovute a manutenzione programmate, avvengono mediamente ogni uno o due anni.

Il centro di calcolo LNF è alimentato da una delle 8 cabine MT/BT dei laboratori, dotata di 4 trasformatori da 1600 kVA, ed utilizzata principalmente per le utenze di Dafne. L'architettura della cabina consente di poter alimentare i carichi anche in caso di indisponibilità di parte dei trasformatori. La manutenzione ordinaria della cabina elettrica non prevede fuori servizi per le utenze, salvo che per manutenzioni eccezionali che si effettuano in media ogni 5 anni, ma in genere in concomitanza con i fuori servizi generali della rete LNF, che vengono programmati ogni 1 o due anni per la manutenzione della stazione elettrica.

La cabina è alimentata a 20 kV da una linea diretta dalla stazione elettrica LNF e da una linea di riserva, proveniente dalla cabina adiacente, utilizzabile in caso di indisponibilità della linea principale. Il centro di calcolo LNF è poi alimentato da 3 linee in BT, provenienti da 2 trasformatori diversi della cabina. Di queste linee una proviene dalla sbarra privilegiata, ovvero dotata di sistema automatico di commutazione dell'alimentazione tra il trasformatore, per il servizio ordinario, e il gruppo elettrogeno, che viene avviato in condizioni di assenza di tensione.

Il gruppo elettrogeno, da 692 kVA, è installato nella stazione elettrica, e serve anche altre utenze nei LNF. La potenza massima utilizzabile dal CED, dopo le modifiche in corso, sarà di 270 kVA, ed è destinata ad alimentare l'UPS, il 20hile di riserva e le apparecchiature del sistema di raffreddamento.

Stante quanto detto, si riassume nella Tabella 8 la tipologia di eventi che richiedono l'avvio del gruppo elettrogeno e la frequenza occorsa negli ultimi quindici anni:

Tipologia di interruzione	Frequenza storica
1. interruzioni non programmate dell'alimentazione dalla rete Enel per guasti	un evento su quindici anni
2. interruzioni non programmate dovute a guasti interni alla rete LNF o errate manovre, fino all'intervento dell'operatore	un evento ogni due anni
3. interruzioni programmate sulla rete ENEL o sugli impianti LNF per manutenzione	in media meno di una volta l'anno per alcune ore

Tabella 8: Interruzioni del servizio degli ultimi quindici anni

Tenuto conto che gli eventi di tipo “2” sono coperti dall’autonomia dell’UPS, il gruppo elettrogeno assolve, di fatto, alla funzione “operativa” di evitare di dover spegnere le apparecchiature per gli interventi di manutenzione programmata. Inoltre, si ritiene ragionevolmente non necessaria la ridondanza sul sistema di generazione di emergenza.

Gli impianti elettrici del Centro di Calcolo sono in fase di ampliamento. I lavori consentiranno di allestire a calcolo la zona attualmente usata per uffici, ampliando la potenza disponibile e mantenendo l’attuale distribuzione nella sala attuale.

Le apparecchiature informatiche del Centro di Calcolo sono alimentate da un circuito protetto da un UPS da 160 kVA, installato nel 2008, e alimentato a sua volta dalla rete privilegiata dei LNF. Il carico attuale del circuito UPS è di circa 50 kW. Lo stato di funzionamento dell’UPS è controllato dal CED ed è visibile sulla rete interna LNF alla pagina <http://upscalcul.inf.infn.it/>. L’UPS EATON 9390 è installato nel locale tecnico adiacente alla sala, e condizionato con tre fan coil alimentati dalla stessa centrale frigorifera ed elettricamente indipendenti. Pertanto si riescono a garantire nel locale, con elevata affidabilità, condizioni climatiche ottimali per il mantenimento delle batterie.

Le integrazioni impiantistiche che saranno realizzate consentiranno di poter ampliare l’UPS fino a 200 kVA, in caso di reale necessità.

Un secondo circuito, alimentato da una linea normale, protetta da trasformatore di separazione, e derivata da un trasformatore di cabina diverso da quello che alimenta l’UPS, consente di alimentare, in maniera ridondata, le utenze critiche che sono dotate di alimentatore ridonato. In questo modo tali utenze risultano immuni ai guasti sul circuito UPS.

La distribuzione elettrica all’interno del locale Calcolo attuale è effettuata con due condotti sbarre trifase:

- Blindo UPS 100 A (attualmente caricata al 75 %)
- Blindo normale 63 A (attualmente caricata al 40 %) per l’alimentazione di riserva

Le utenze sono derivate da spina blindo con fusibile.

Analogamente al locale esistente, nel nuovo locale sarà disponibile un condotto sbarre da 250 A da UPS e un condotto sbarre da 100 A per l’alimentazione di backup, da linea normale. Per le nuove utenze saranno utilizzate cassette di derivazione allestite con interruttori magnetotermico+ differenziale, per massimizzare la selettività delle protezioni. Il coordinamento delle protezioni tra linea blindo e utenze terminali limita la possibilità di scatto delle protezioni generali del blindo, e quindi con impatto su tutta la sala, finora mai verificatosi, in caso di guasto di una singola utenza.

La distribuzione con blindo sbarra consente la massima flessibilità, permettendo di variare tipologia e taglia di utenze, senza intervenire sugli impianti.

Lo schema di principio dell’alimentazione è riportato in Figura 11.

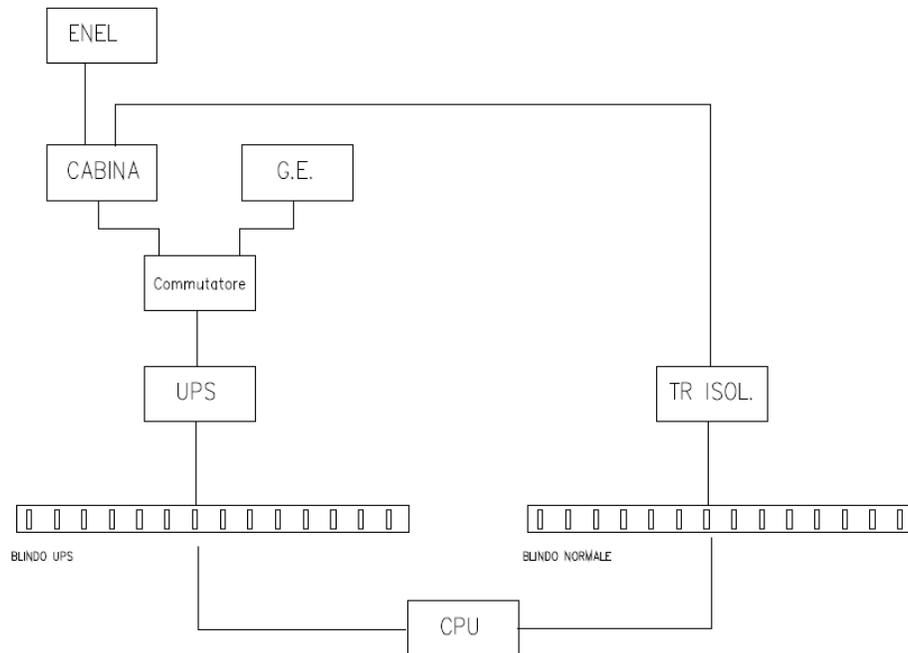


Figura 11: Schema di principio dell'alimentazione ridondata per una utenza dotata di alimentatore ridondata

Considerando il sistema di alimentazione utilizzato, le utenze dotate di alimentatore ridondata e cablate sulle due linee UPS e Normale sono in grado di sopportare i seguenti casi di guasto:

- mancanza di rete ENEL, perché intervengono l'UPS e il gruppo elettrogeno;
- avaria dell'UPS in caso di normale funzionamento della rete, perché in tal caso le CPU continuano ad essere alimentate dalla linea normale;
- disservizio di uno dei due trasformatori che alimentano il CED, perché le due linee, normale (alimentata da TRB) e privilegiata (alimentata da TRD) sono alimentate da trasformatori diversi;
- scatto di uno dei due interruttori MT in cabina;
- guasto su uno dei due circuiti di distribuzione (normale o UPS).

Con tale configurazione resta scoperto solo l'evento contemporaneo di mancanza di rete ENEL (o fuori servizio completo della cab. 11) e mancato avviamento del gruppo elettrogeno o guasto dell'UPS. Per ridurre questo rischio andrebbe inserito un secondo gruppo elettrogeno, un secondo UPS sul secondo circuito di alimentazione attualmente alimentato dalla linea "normale". Ma questo evento è da considerarsi altamente improbabile.

Le utenze che invece non sono dotate e cablate con doppia alimentazione, sono soggette anche ai disservizi legati al circuito UPS (vale a dire, oltre al guasto banale dell'UPS anche errori di manovra, guasti sul circuito di distribuzione, manutenzione, ecc.), che non possono essere trascurati.

Resta attualmente scoperta la ridondanza del condizionamento della sala calcolo, alimentato dalla centrale frigorifera di Dafne. Tale impianto può essere non disponibile per assenza di alimentazione ENEL, per guasti o manutenzione

sugli impianti di alta tensione e su alcune parti della cabina 11, o per guasto o manutenzione elettrica del quadro di controllo della centrale frigo, nonché guasti agli impianti meccanici e idraulici. Vanno in tale caso considerati circa 2-3 fermi l'anno. Il fermo dell'impianto attualmente comporta la necessità dello spegnimento di parte delle macchine per eccesso di temperatura in sala in breve tempo. La ristrutturazione della parte di raffreddamento contempla l'installazione di un nuovo chiller di riserva, che sarà alimentato anche in caso di mancanza di rete, e assolverà la funzione di backup della centrale frigo.

La potenza richiesta per l'installazione delle nuove apparecchiature del TIER2 di ATLAS è stata già considerata nel progetto dell'ampliamento del centro di calcolo LNF. I lavori saranno realizzati nella seconda metà del 2011.

4.2.2. Sistemi di raffreddamento e trattamento dell'aria

Nella configurazione attuale, rappresentata in Figura 9, il sistema di condizionamento impiega cinque condizionatori ad acqua Uniflair MDC 0910 (20 kW a 22°C, 50%UR) con mandata nel sottopavimento e ripresa libera dall'alto, con umidificatore. Di questi, tre sono nel locale Calcolo Tier2 ATLAS (CED), e due nel locale Kloe.

Il ricambio d'aria è effettuato da prese d'aria esterna sulle singole unità di condizionamento.

L'installazione attuale non ha ridondanza e le condizioni che possono essere mantenute nella sala CED sono: 25 °C, 40% U.R.

I condizionatori sono alimentati da acqua refrigerata prodotta dalla centrale frigorifera Dafne (CFD), in funzione h24, in maniera non esclusiva (esistono altre utenze).

La CFD comprende tre gruppi frigo Trane, ciascuno con una potenzialità frigorifera di circa 400 kW, condensati ad acqua e collegati a due torri evaporative. Il sistema è ridondato in maniera che almeno un gruppo sia sempre di scorta (funzionamento estivo: due gruppi in marcia, funzionamento invernale: uno o due gruppi in marcia). Nel funzionamento attuale non è prevista la continuità del servizio in caso di mancanza dell'alimentazione elettrica, evento peraltro verificatosi molto raramente.

In vista della ristrutturazione riportata in Figura 10, è stato studiato e progettato l'ampliamento del sistema di condizionamento. Nel Piano Triennale 2011-2013 sono stanziati 300 k€ IVA inclusa per la realizzazione di questa espansione.

L'impianto di condizionamento sarà composto da condizionatori under per i locali Ced, Kloe, Tier 2 ed Altri Esperimenti, saranno invece adottate delle unità a soffitto per i locali Nastri Utenti e Garr. La mandata aria sotto il pavimento sopraelevato, opportunamente compartimentato, sarà distribuita mediante griglie pedonabili.

Saranno riutilizzate le 5 unità esistenti Uniflair MDC 0910 nel locale CED e saranno installati nuovi condizionatori under analoghi agli esistenti nel locale Kloe e nel locale Tier2; unità a soffitto nei locali Nastri Utenti e Garr e condizionatori under più piccoli nel locale Altri Esperimenti. La Tabella 9 riporta la

configurazione completa; le potenze sono definite alle condizioni operative nei locali.

Locale	condizionatori in servizio		condizionatori in riserva	
	#, tipo	Pot. Tot. (kW)	#, tipo	Pot.Tot. (kW)
CED	3, MDC0910	60	2, MDC0910	40
Kloe	1, under	20	1, under	20
Tier 2	3, under	60	2, under	40
Nastri Utenti	2, ceiling	5	0	0
Garr	2, ceiling	10	0	0
Altri Esperimenti	2, under	10	0	0
TOTALE	13	165	5	100

Tabella 9: Potenze di raffreddamento installate in seguito alla ristrutturazione

La Figura 12 riporta il layout previsto:

L'impianto di condizionamento sarà completato da una Unità di Trattamento Aria (UTA) per l'immissione di aria esterna di rinnovo filtrata e trattata nei vari ambienti, senza rilevante contributo alla potenza di raffreddamento. L'UTA sarà installata all'esterno e la distribuzione dell'aria di rinnovo nei locali sarà fatta con una rete di canali circolari in lamiera e bocchette di diffusione.

Il controllo dell'umidità è comunque demandato alle unità interne.

L'impianto è dimensionato per mantenere le condizioni interne di $21\pm 2^{\circ}\text{C}$, $50\pm 10\%\text{U.R.}$

I condizionatori saranno alimentati dall'acqua della CFD, per una potenza pari ai condizionatori effettivamente in servizio.

E' stato previsto un sistema di backup con un gruppo frigorifero (GF) condensato ad aria ed alimentazione elettrica dalla rete privilegiata, principalmente per i periodi di manutenzione della Centrale Frigorifera Dafne.

La potenzialità frigorifera del GF di backup è limitata dalla potenza elettrica a disposizione da rete privilegiata, e sarà di 160 kW. Pertanto il GF può sostenere la potenza dei condizionatori under e dei condizionatori a soffitto, mentre la UTA verrà mantenuta spenta in regime di backup.

L'alimentazione elettrica del GF, e del relativo gruppo idronico sarà quindi garantita nei casi di emergenza, con partenza automatica delle apparecchiature.

L'impianto di condizionamento sarà supervisionato e controllato da un sistema che effettuerà il monitoraggio continuo della temperatura ed umidità dei locali condizionati, delle principali funzioni di gestione delle macchine (condizionatori interni, UTA, gruppo frigorifero e gruppo idronico di backup) e della temperatura dell'acqua refrigerata nelle tubazioni di mandata e di ritorno dalla CFD e nella distribuzione interna. Inoltre, è previsto il controllo di allagamento del sottopavimento.

Il progetto degli impianti di condizionamento è stato eseguito nel dettaglio in modo da minimizzare la probabilità di guasti critici e la presenza di single points of failure e garantire la continuità di funzionamento del servizio, per assicurare la massima affidabilità e disponibilità dell'infrastruttura.

4.2.3. Impianto anti-incendio

Il sistema anti-incendio dell'edificio calcolo è stato dimensionato tenendo conto della destinazione d'uso e dimensione dei diversi ambienti. La nuova configurazione richiede un ri-dimensionamento di alcuni componenti: tubi, ugelli, bombole, ecc...

Non è prevedibile che il gas utilizzato sia messo fuori legge nei prossimi anni e pertanto non sono previste ulteriori modifiche al sistema esistente. La manutenzione dell'impianto anti-incendio della sala è solo indicata come riferimento. Il contratto di manutenzione è generale per tutta la struttura. In Tabella 10 sono riassunte le principali caratteristiche dell'impianto.

Caratteristiche principali	unita'	2011
<i>Gas impiegato</i>		FM200
<i>Volume o peso totale</i>	m3	260
<i>Spazio richiesto per le bombole</i>	m2	1

Tabella 10: Sistema antincendio

4.2.4. Sistemi di allarme

Il Centro di Calcolo è attualmente dotato di un sistema di monitoring della temperatura e di sistemi di allarme in caso di incendio e di allagamento e di innalzamento eccessivo della temperatura, con replica dell'allarme presso il servizio di vigilanza dei LNF.

4.3. Risorse umane

Alla gestione e alle attività del Tier2 di ATLAS di Frascati collaborano tecnologi (1.6 FTE distribuito su due persone) e ricercatori (0.8 FTE distribuito su tre persone) del gruppo ATLAS e il personale del servizio di calcolo dei Laboratori (0.5 FTE distribuito su quattro persone).

Il servizio di calcolo è responsabile della gestione dell'infrastruttura di rete del Tier2, del servizio AFS e dell'infrastruttura del centro di calcolo (logistica e contatti con i responsabili degli impianti). Inoltre, il servizio di calcolo collabora con il personale dell'esperimento alla gestione di: sistemi di storage, sistemi operativi e setup di prima installazione e acquisti.

Il personale tecnologo: gestisce i sistemi di storage e di calcolo in collaborazione con il servizio di calcolo, è responsabile della gestione del middleware della Grid e di tutte le attività connesse con l'utilizzo della farm da parte dell'esperimento e collabora agli acquisti; si occupa inoltre della farm di ATLAS (non in Grid) utilizzata dal gruppo locale.

Il personale ricercatore ha la responsabilità del sito, collabora agli acquisti e alle attività di analisi e di produzione dati.

5. Attività del gruppo di ATLAS di Frascati

Le attività del gruppo ATLAS di Frascati che sfruttano il Tier2 dei Laboratori sono legate all'analisi dei dati e allo studio dell'architettura del processore FTK [FTK].

Le attività di analisi locali attualmente coprono un ampio spettro di misure che sfruttano l'esperienza accumulata per la ricostruzione dei muoni e dell'energia mancante:

- misure della risoluzione per la ricostruzione dei muoni e dell'efficienza di ricostruzione dei muoni [AC1];
- ricostruzione e calibrazione dell'energia trasversa mancante [AC2, AC3];
- misura delle sezioni d'urto $pp \rightarrow Z/\gamma \rightarrow \mu^+ \mu^-$, $pp \rightarrow W \rightarrow \mu \nu$ [AC4];
- misura della sezione d'urto inclusiva $pp \rightarrow \mu + X$;
- misura della sezione d'urto di produzione della J/Ψ in funzione della centralità in collisioni Pb Pb e osservazione di produzione di Z^0 in collisioni Pb Pb [AC5].

5.1. Analisi

5.1.1. Determinazione delle prestazioni dello spettrometro a μ dai dati

Il programma di fisica ad LHC include lo studio di molti processi con stati finali contenenti muoni. ATLAS è dotato di uno Spettrometro per Muoni (MS) che fornisce una risoluzione in impulso del 10% a 10 TeV. L'impulso è determinato dalla traiettoria della traccia in un campo magnetico generato da bobine toroidali in aria. La traccia nel MS viene ricostruita in tre stazioni di rivelatori composti da tubi a drift di precisione (MDT) fino a $|\eta| < 2$ e due stazioni di MDT e una di cathode strip chambers (CSC) per $2.0 < |\eta| < 2.7$.

Una seconda misura dell'impulso dei muoni viene fornita dall'inner detector (ID).

Il gruppo di Frascati è stato sempre molto attivo nello studio delle prestazioni e nella ottimizzazione della ricostruzione dei muoni.

In particolare, recentemente si è occupato dello studio delle prestazioni dello spettrometro con dati raccolti nel 2010 che corrispondono ad una luminosità integrata di 40 pb^{-1} .

L'efficienza di ricostruzione è stata determinata in campioni di controllo costituiti da eventi $Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$ con il metodo di "tag and probe" e in eventi di $b \rightarrow \mu X$ dove il b viene selezionato con il parametro d'impatto ed il μ viene identificato con il calorimetro.

Un esempio della determinazione dell'efficienza viene mostrato in Figura 13.

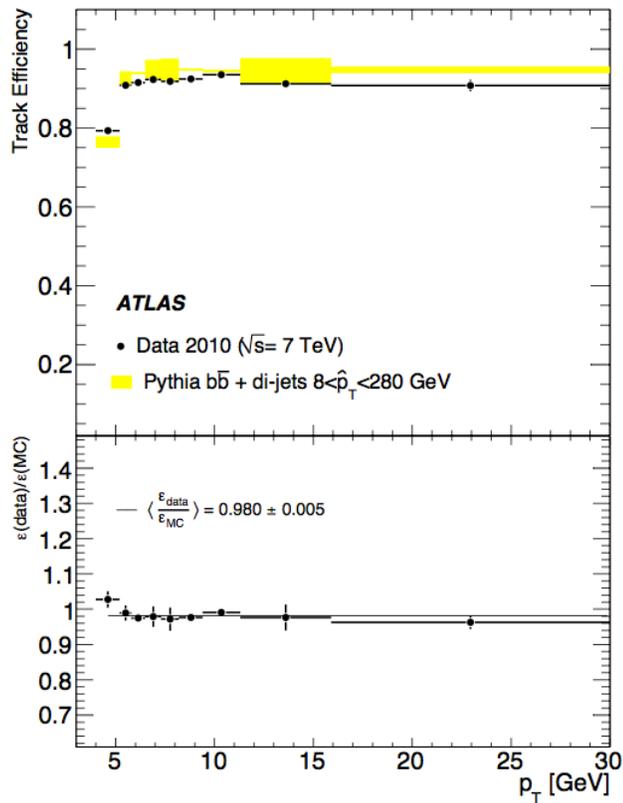


Figura 13: Efficienza di ricostruzione dei muoni in funzione dell'impulso trasverso

Le selezioni dei campioni di controllo e le analisi sono state eseguite sulla farm di Frascati. In particolare, per la selezione dei μ con il calorimetro abbiamo modificato la ricostruzione standard dei cluster.

La risoluzione in impulso è stata determinata dallo studio della distribuzione in massa invariante $\mu^+ \mu^-$ in eventi $Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$ e dal confronto della misura dell'impulso dal MS con quella dall'ID in eventi $Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$, $W \rightarrow \mu \nu$. I Parametri che descrivono la risoluzione dello spettrometro sono stati determinati con un fit delle distribuzioni ottenute dai campioni di controllo ai template Monte Carlo con risoluzione variabile. Parte dei risultati di questo studio sono mostrati in Figura 14.

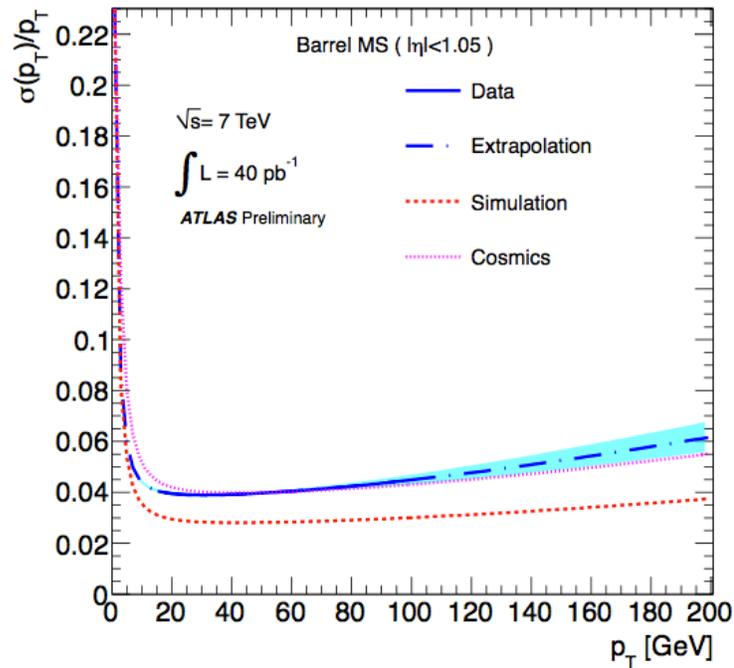


Figura 14: Risoluzione in impulso dello spettrometro in funzione dell'impulso trasverso

5.1.2. Ricostruzione dell'energia trasversa mancante

La ricostruzione e la calibrazione dell'energia trasversa mancante sviluppata in ATLAS utilizzano la ricostruzione completa dell'evento.

Le celle del calorimetro sono associate con un oggetto di alto P_T nel seguente ordine: elettroni, fotoni, decadimenti del tau adronici, jets e muoni:

$$E_{x,y} = E_{x,y}^{ele} + E_{x,y}^{\gamma} + E_{x,y}^{\tau} + E_{x,y}^{jet} + E_{x,y}^{\mu} + E_{x,y}^{cellout}$$

Per ogni termine viene utilizzata una calibrazione dedicata. Le celle rimanenti sono raggruppate in cluster topologici e vengono trattate separatamente ($E_{x,y}^{cellout}$).

Questo termine è costituito essenzialmente dalla parte soffice dell'evento e la misura del calorimetro che può essere migliorata utilizzando l'informazione dell'ID. Per questo abbiamo sviluppato un algoritmo basato sulla tecnica dell'Energy Flow. Inoltre, l'utilizzo dell'ID recupera i contributi delle particelle di bassissima energia che non raggiungono o che non danno segnali nel calorimetro. L'algoritmo, provato con successo sui dati raccolti nel 2010, ha consentito di migliorare la risoluzione della misura dell'energia trasversa mancante del 30%. Lo sviluppo, l'implementazione e l'ottimizzazione di tale algoritmo sono stati realizzati sulla Farm di Frascati. Un esempio delle prestazioni è mostrato in Figura 15.

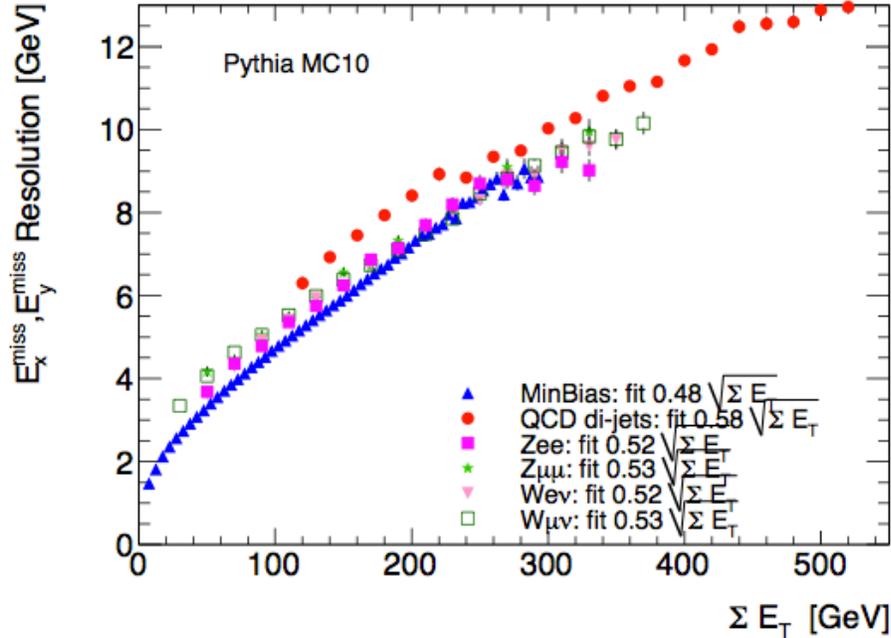


Figura 15: Risoluzione della misura dell'energia trasversa mancante su vari campioni Monte Carlo

5.1.3. Misura della sezione d'urto di produzione di $Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$ e $W \rightarrow \mu \nu$

Abbiamo da sempre partecipato agli studi effettuati per le misure delle sezioni d'urto di produzione di W e Z. La misura recentemente pubblicata utilizza una luminosità integrata di 35 pb^{-1} raccolti nel 2010. Sono stati selezionati 84103 W^+ , 55163 W^- e 11669 Z candidati con muoni nello stato finale. Oltre alla determinazione delle efficienze, dei parametri di risoluzione in impulso dei muoni e della ricostruzione dell'energia trasversa mancante necessari per le misure abbiamo partecipato allo studio dei fondi nell'analisi del W.

La distribuzione della massa trasversa per i candidati $W \rightarrow \mu \nu$ e della massa invariante per i candidati $Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$ sono mostrate rispettivamente in Figura 16 e Figura 17.

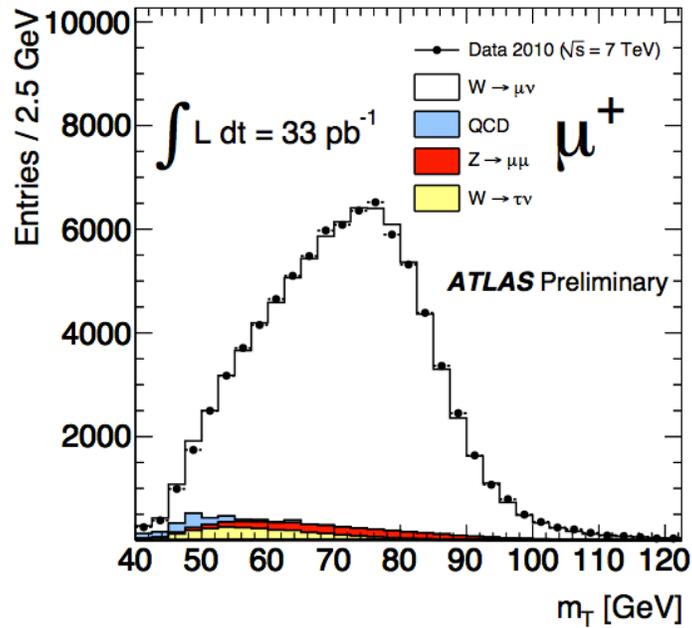


Figura 16: Distribuzione della massa trasversa per i candidati $W \rightarrow \mu \nu$

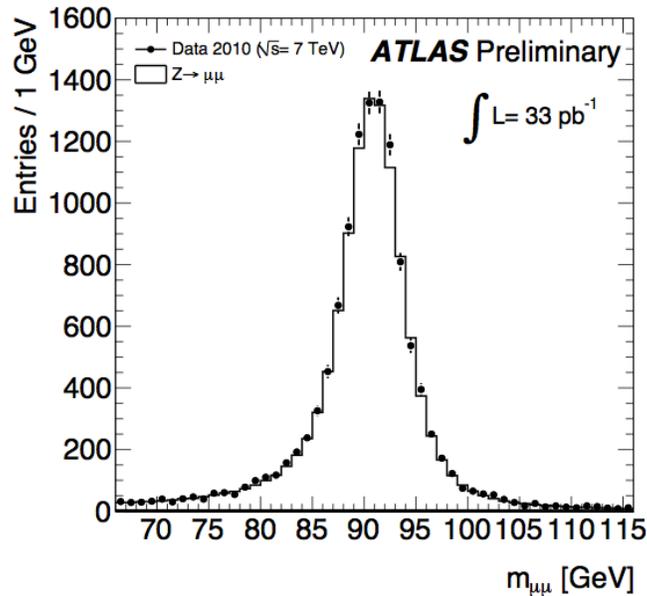


Figura 17: Distribuzione della massa invariante per i candidati $Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$

Gli errori sistematici dominanti, escluso il contributo dovuto alla conoscenza della luminosità integrata, sono dovuti alla conoscenza della scala dell'energia trasversa mancante per il W e l'incertezza sull'efficienza di ricostruzione dei μ per la Z. Sono entrambi argomenti in fase di studio da parte del nostro gruppo.

La farm di Frascati è stata utilizzata anche per queste analisi, in particolare per la produzione di campioni Monte Carlo dedicati allo studio delle

miscalibrazioni e fondi da produzione di quark pesanti.

5.1.4. Misura della sezione d'urto di produzione inclusiva di muoni

I muoni di alto p_T sono una segnatura classica di processi interessanti ai colliders adronici. A bassi p_T lo spettro è dominato dai decadimenti di adroni leggeri (K/π), a p_T intermedi domina la produzione dei sapori pesanti fino ad arrivare al picco Jacobiano dovuto alla produzione di Z e W. Abbiamo partecipato alla misura che attualmente è stata sottoposta al vaglio della collaborazione.

Una misura nel range $4\text{GeV} < p_T < 100\text{GeV}$ è importante per se e per una verifica dei modelli di produzione dei sapori pesanti. Ad alto p_T esistono sensibili differenze tra le predizioni NLO + NLL e da quelle NLO dovute alla risommazione dei logaritmi dominanti che possono essere verificate. La Figura 18 mostra il rapporto tra la predizione NLO + NLL di FONLL e vari altri modelli.

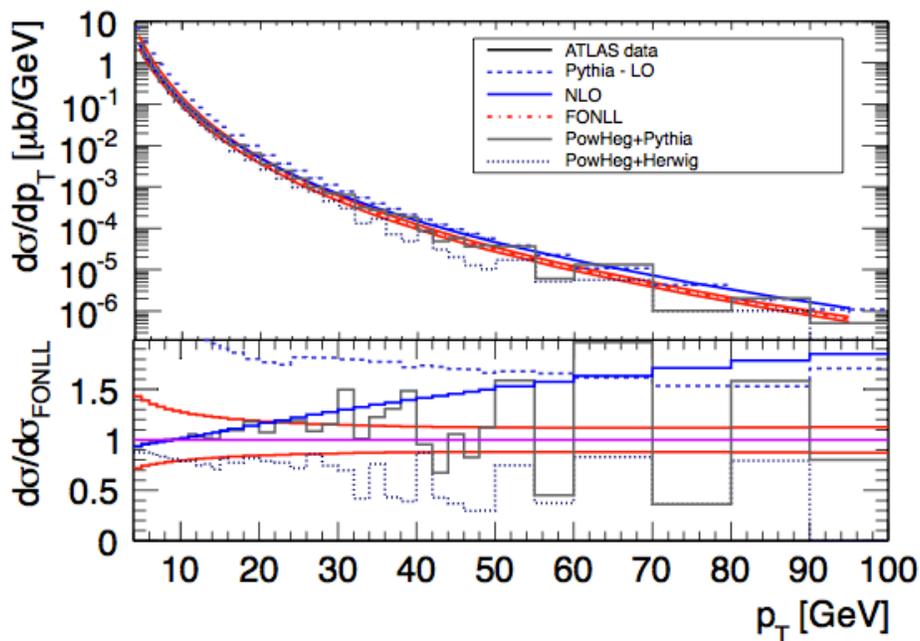


Figura 18: Rapporto tra la predizione NLO + NLL di FONLL e vari modelli

In particolare, si può notare che esiste una differenza apprezzabile tra FONLL le predizioni NLO + NLL ottenute da un calcolo NLO (POWHEG) e Monte Carlo per parton shower e frammentazione (Herwig, PHYTIA) realmente utilizzabili nelle altre analisi dei dati.

Questa differenza è dovuta al fatto che i parametri di frammentazione dei

Monte Carlo sono stati ottenuti con un calcolo al LO. Attualmente, in collaborazione con il gruppo teorico di Frascati, ci stiamo occupando del test di nuovi parametri di frammentazione. Questo studio necessita di una massiccia produzione di campioni di prova Monte Carlo.

5.1.5. Produzione della J/Ψ in funzione della centralità in collisioni Pb Pb

La misura della produzione di quarkonia in interazioni di ioni pesanti ultrarelativistici offre la possibilità di studiare le proprietà della stato della materia ad alta densità nucleare.

Abbiamo scritto l'articolo che descrive un'analisi basata su un campione di dati di $6.7 \mu\text{b}^{-1}$ raccolti nel run heavy ion di LHC nel 2010. L'articolo riporta lo studio del rate di produzione di J/Ψ in funzione della centralità dell'evento. La centralità è stata determinata a partire dalla somma dell'energia totale trasversa dell'evento nel calorimetro in avanti ($3.2 < |\eta| < 4.9$).

La Figura 19 mostra lo spettro di massa invariante dei muoni nella regione della massa della J/Ψ . Il conteggio del numero di J/Ψ è eseguito nella finestra 2.95-3.25 GeV ed il fondo è determinato dall'estrapolazione dei conteggi ottenuti nelle sidebands 2.4-2.8 GeV and 3.4-3.8 GeV.

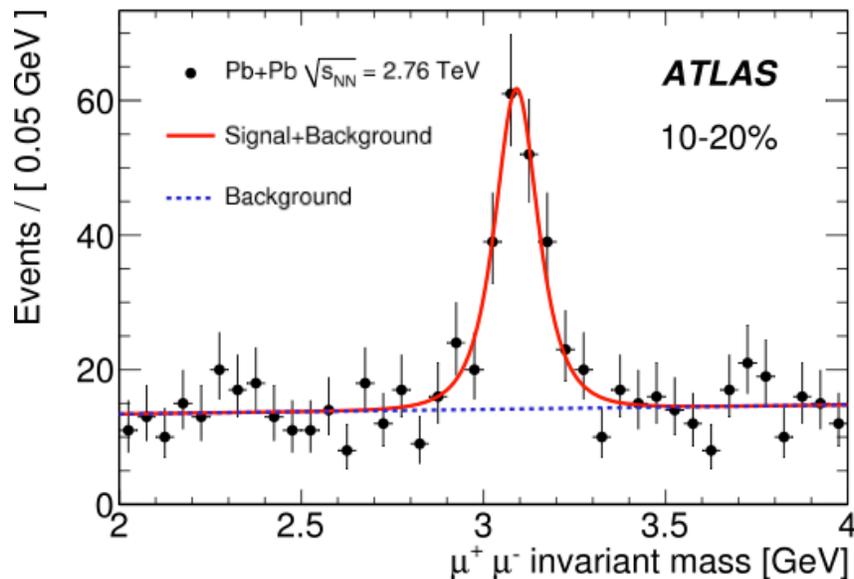


Figura 19: Spettro di massa invariante per i dimuoni nella regione della J/Ψ per centralità comprese nell'intervallo 10-20%

La frazione, R_C , di J/Ψ osservate a bassa centralità rispetto a quelle osservate nella regione di centralità 40-80% è stata quindi confrontata con quella aspettata

dai modelli basati sulla fattorizzazione di QCD, R_{CP} .

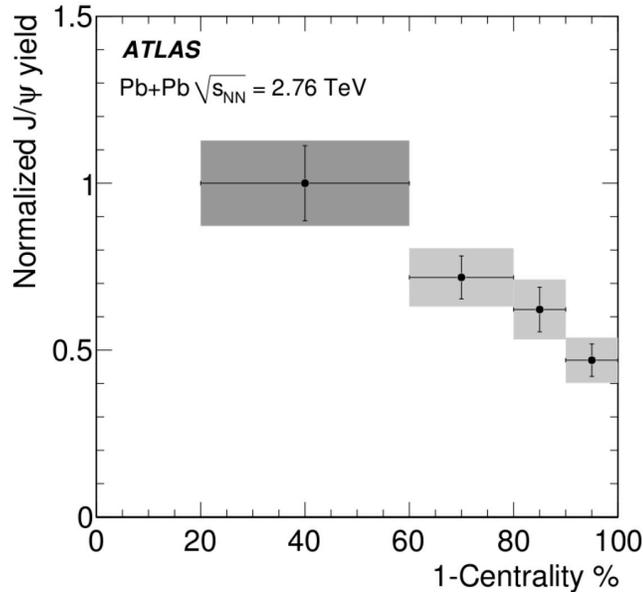


Figura 20: R_C/R_{CP} in funzione della centralità

La Figura 20 mostra Il rapporto R_C/R_{CP} in funzione della centralità. E' evidente una forte soppressione della produzione della J/ψ a basse centralità.

5.2. Studio dell'architettura e simulazioni del processore

Fast-Tracker

Il trigger è un elemento essenziale di tutti gli esperimenti ai collider adronici. È necessario per selezionare on-line la fisica interessante di bassa sezione d'urto, separandola dall'enorme fondo di QCD multi-jet.

L'esperienza ai collider adronici di alta luminosità ha mostrato che mantenere una buona efficienza di trigger, rispettando la banda di trigger disponibile, può essere estremamente difficile ad alta luminosità istantanea.

Man mano che la luminosità aumenta, il detector invecchia e gli obiettivi di fisica cambiano in risposta alle misure ed alle scoperte effettuate, diventa fondamentale che il sistema di trigger sia flessibile, robusto, ridondante e con un significativo margine operativo. Il progetto Fast-Tracker (FTK), "A hardware track finder for the ATLAS trigger", fornirà tracce ricostruite con qualità offline nell'intero Inner Detector di ATLAS in tempo per l'inizio del processamento nella CPU farm di secondo livello. FTK sarà un elemento importante per raggiungere le prestazioni e l'affidabilità richieste dal trigger.

Il gruppo di Frascati studia l'architettura del processore FTK facendo un uso inteso della simulazione del processore stesso.

Queste simulazioni, sia durante l'attuale fase di progettazione che durante la futura fase di presa dati, sono impegnative dal punto di vista del calcolo.

Infatti, l'algoritmo di FTK è ottimizzato per gli FPGAs e non è facilmente simulabile con computer convenzionali. Al fine di rendere la simulazione più efficiente e di ridurre le richieste di RAM, la simulazione di FTK viene separata in job paralleli. Solitamente sono utilizzati 128 job paralleli, con ciascun job che effettua la ricerca di tracce in una frazione del detector e che processa più eventi sequenzialmente. Il tempo di processamento tipico, per un evento con 40 interazioni di pile-up, è di circa 20×128 secondi. Nel caso di eventi con 75 interazioni di pileup si utilizzano 1024 job paralleli con un tempo di processamento di 20×1024 secondi. Il gruppo FTK utilizza per le simulazioni dei dataset dedicati. Questi dataset ad oggi richiedono un spazio disco limitato di circa 2TB.

Nel corso del 2009 la simulazione di FTK è stata modificata per funzionare su Grid. Questo è stato un passo fondamentale per permettere simulazioni intensive di eventi con un elevato pileup (>20 interazioni per evento) e per generare larghe banche di tracce pre-calcolate (FTK patterns) che sono usate come input per la simulazione vera e propria di FTK.

Siccome i due più grandi gruppi che lavorano al progetto sono Chicago ed il gruppo italiano, le simulazioni sono state svolte principalmente a Frascati, nella cloud italiana ed al Mid-West Tier2.

Riferimenti

[AC1] ATLAS Collaboration, “ATLAS muon momentum resolution in the first pass reconstruction of the 2010 pp collision data at 7 TeV”, ATL-CONF-2011-046.

[AC2] ATLAS Collaboration, “Performance of the Missing Transverse Energy Reconstruction and Calibration in Proton-Proton Collisions at a Center-of-Mass Energy of 7 TeV with the ATLAS Detector”, ATL-CONF-2011-057.

[AC3] ATLAS Collaboration, “Performance of the missing transverse energy reconstruction in minimum bias events at s of 900 GeV and 2.36 TeV with the ATLAS detector”, ATL-CONF-2011-008.

[AC4] ATLAS Collaboration, “A measurement of the total W_{\pm} and Z/γ_{*} cross sections in the e and μ decay channels and of their ratios in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector”, ATL-CONF-2011-041.

[AC5] ATLAS Collaboration, “Measurement of the centrality dependence of J/ψ yields and observation of Z production in lead-lead collisions with the ATLAS detector at the LHC” Phys. Lett. B 697, 294 (2011) [arXiv:1012.5419 [hep-ex]].

[ACRR] “ATLAS Computing Resource Requirements for Data-taking in 2011-2013”, 29 March 2011.

[CM] Jones R. and Barberis D. 2008 “The ATLAS computing model” J. Phys.: Conf. Ser. **119** 072020.

[CS] R. De Sangro et al. “Feasibility Study for the Realization of a Scientific Computing Service at the Laboratori Nazionali di Frascati of INFN”, INFN-Laboratori Nazionali di Frascati Internal Report: LNF-10-5(IR) ([http://www.lnf.infn.it/sis/preprint/pdf/getfile.php?filename=LNF-10-5\(IR\).pdf](http://www.lnf.infn.it/sis/preprint/pdf/getfile.php?filename=LNF-10-5(IR).pdf)).

[FTK] A. Annovi et al. “FTK: a hardware track finder for the ATLAS trigger”, Technical Proposal April 2010, https://edms.cern.ch/file/1064724/1.0/FTK_TP_USG.pdf.

[JP] Doria A. et al. “Deployment of Job Priority mechanisms in the Italian cloud of the ATLAS experiment”, Proc of “CHEP 2009” (International Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics), Praga 2009, 2010 J. Phys.: Conf. Ser. 219 072001.

[MP] M. Pistoni, “Evoluzione dei servizi informatici del Centro di Calcolo di un grande Laboratorio di ricerca in fisica fondamentale”, Tesi di Laurea, 2010.

[SR] LHC Computing Grid Project “Status of Resources and Financial Plan”,

CERN-RRB-2008-039, March 2008.