



Rapporti Tecnici INAF INAF Technical Reports

Number	286
Publication Year	2023
Acceptance in OA@INAF	2023-12-29T14:40:01Z
Title	Implementazione camera pulita
Authors	SCHIAVONE, Filomena
Affiliation of first author	OAS Bologna
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/34495 , https://doi.org/10.20371/INAF/TechRep/286

Camera pulita

Impiantistica tecnologica



F. Schiavone, E. Diolaiti, L. Terenzi

INAF OAS Bologna

Sommario

Il contesto recente	4
Scopo.....	5
Nozioni introduttive	Errore. Il segnalibro non è definito.
<i>Tecniche</i>	Errore. Il segnalibro non è definito.
<i>Normative.....</i>	Errore. Il segnalibro non è definito.
<i>Condizioni operative.....</i>	Errore. Il segnalibro non è definito.
<i>Procedure.....</i>	Errore. Il segnalibro non è definito.
Impiantistica tecnologica a servizio della camera pulita IASF BO	7
<i>Quantità di aria di ventilazione</i>	8
<i>Filtri</i>	11
<i>Movimentazione dell'aria</i>	12
<i>Pressurizzazione.....</i>	12
<i>Materiali da costruzione e finitura superficiale</i>	Errore. Il segnalibro non è definito.
<i>Incongruenze.....</i>	Errore. Il segnalibro non è definito.
Attrezzature e operazioni tipiche in Clean room.....	14
<i>Attrezzature</i>	14
<i>Operazioni tipiche.....</i>	18
Considerazioni finali	19
Azioni future	19
Ringraziamenti	20
Appendice 0.....	22
Appendice 1 Planimetria locale Camera pulita	24
Appendice 2 Macchina di trattamento aria a servizio della camera bianca IASF-Bologna	26
Appendice 3 Scheda tecnica del locale IASF-Bologna.....	32
Appendice 4 Schemi di principio degli impianti a servizio del locale IASF-Bologna Camera Pulita.....	33
<i>Layout meccanici</i>	33
<i>Elettrici.....</i>	33

Lista acronimi

AE – Aria Esterna

AHU - AIR HANDLING UNIT =UTA

BR – Bocchetta di Ripresa

CNR

HVAC - Heating, Ventilating and Air Conditioning/riscaldamento, ventilazione e condizionamento

HEPA - High Efficiency Particulate Air Filter

ISO - International Organization for Standardization

OAS

ULPA - Ultra-low particulate air

UTA – Unità Trattamento Aria

VCCC – Impianto di Ventilazione e Condizionamento a Contaminazione Controllata

Altri identificativi:

Clean Room, Camera Bianca, Ambiente Controllato.

Documenti di riferimento

Rapporto Interno INAF/IASF-Bologna n. 697/2016

Full Proposal template for 2022CALL_PNRR:M4/C2/L3.1.1 (technical annex), pursuant to
Strengthening the Italian Leadership in ELT and SKA . attività

2301 SPHERE+_SAXO+

5101 ExtremeAOLab_OptIR&AO_Lab

Il contesto recente

OAS Bologna, una delle Strutture dell'INAF – Istituto Nazionale di Astrofisica, si caratterizza per gli studi di scienza spaziale, con attività sia in campo tecnologico di ricerca e sviluppo, che nell'astrofisica e nella cosmologia.



L'Osservatorio è inserito in ambito nazionale ed internazionale e molti dei programmi di ricerca a cui il personale di OAS Bologna partecipa sono realizzati in collaborazione con Agenzie Spaziali, università ed enti di ricerca in Italia ed all'estero.

Lo staff OAS possiede competenze tecnologiche per il disegno, l'ideazione, lo sviluppo, la realizzazione e la gestione di dispositivi per l'astrofisica in quasi tutte le bande dello spettro elettromagnetico: radiometri e antenne per le microonde, antenne per studi di polarimetria nel millimetrico, rivelatori per radiazione X e gamma.

L'attività lavorativa prevede l'utilizzo di varie attrezzature, stazioni di lavoro, macchine o dispositivi, come camere termo-vuoto, macchine criogeniche per testare gli strumenti spaziali in condizioni estreme, il tutto corredato da laboratori dedicati, necessari per il test ed il controllo da terra della strumentazione spaziale.

Gli ambienti deputati alle operazioni di calibrazione e assemblaggio di tali sofisticati detector spaziali devono soddisfare gli stringenti requisiti di controllo ambientale che definiscono indispensabile lavorare in un ambiente privo di polvere, per evitare falsi contatti elettrici e problemi meccanici.

Al quarto piano della palazzina OAS del plesso CNR è ubicata una camera pulita, classe ISO 7.

Scopo

In questo laboratorio progettato a metà degli anni '90 [D1] e attivato nel 2000 [D2] vengono eseguite lavorazioni su prototipi, con assemblaggi e test di qualificazione di apparecchiature di volo che necessitano di un elevato livello di pulizia.

Il presente documento ricorda le principali nozioni sulle tecniche, le normative e le procedure per camere bianche e descrive le caratteristiche e l'impiantistica della Clean Room IASF-Bologna, evidenzia le possibili fonti di contaminazione, e le *regole di buona pratica* da adottare nella disciplina adottata nel laboratorio e le *attrezzature e operazioni tipiche* del locale.

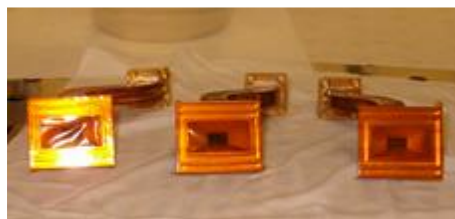


Fig. 1 Guide d'onda del satellite Planck..

L'INAF OAS, nell'ambito della continua manutenzione e del rinnovamento delle infrastrutture a servizio propone un intervento di manutenzione straordinaria

L'intervento in oggetto si rende necessario in quanto il locale e i relativi impianti (attualmente in servizio) sono stati realizzati a metà degli anni '90 e sono quindi in servizio da quasi 30 anni. Questo, nello specifico, vale per l'impianto elettrico,.

I principali interventi che sono stati eseguiti negli anni sono:

- Installazione dei filtri assoluti nel 2016
- Installazione dell'inverter nel 1998
- Rifacimento dello specchio primario e installazione della superficie attiva nel 2001
- Installazione del nuovo servosistema di movimentazione antenna della Vertex Antennentechnik nel 2002. In questo caso si è mantenuto inalterato il cablaggio originale (con la drive cabinet posizionata dentro l'edificio della stazione) - Installazione del nuovo ricevitore in banda SX nel 2019
- in questo contesto sono solamente state posate le fibre ottiche dal fuoco primario - Installazione della nuova movimentazione del subriflettore nel settembre 2021 (analoga a quella di Medicina del 2014) con il solo intervento in apex

ISO Classe	Numero di particelle $\geq 0,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ US Fed. Std 209 E						US Federal Standard 209E
	Particle size						
	> 0.1 m	> 0.2 m	> 0.3 m	> 0.5 m	> 1 m	> 5 m	
ISO Classe 1	10	2					
ISO Classe 2	100	24	10	4			
ISO Classe 3	1 000	237	102	35	8		Classe 1
ISO Classe 4	10 000	2 370	1 020	352	83		Classe 10
ISO Classe 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29	Classe 100
ISO Classe 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293	Classe 1 000
ISO Classe 7				352 000	83 200	2 930	Classe 10 000
ISO Classe 8				3 520 000	832 000	29 300	Classe 100 000
ISO Classe 9				35 200 000	8 320 000	293 000	Classe 1 000 000

Tab.1 Contenuti di particelle ammesse per le camere bianche in funzione della classe di appartenenza secondo il Federal Standard 209 D.

Come si vede in *Tabella 1*, lo Standard ISO 14644-1 classifica gli ambienti in base alla massima concentrazione ammessa di particelle tra $0,1\mu$ e 5μ per unità di Volume (misurata in metri cubi). La classe 10.000 definita dallo Federal Standard 209E impone un numero di particelle non superiore a 10.000 particelle per piede cubo d'aria ambiente con diametro $> 0,5$ micron, corrispondenti a 353.000 per metro cubo, o che non venga superato il numero di 2295 particelle con diametro > 5 micron per metro cubo d'aria ambiente.

Le regole per il corretto dimensionamento, conduzione e monitoraggio sono normati dalle UNI EN ISO 14644 nelle parti 1-8 e dalla UNI EN ISO 14698 parti 1-2. Tali norme consentono di mantenere un corretto grado di pulizia degli ambienti a contaminazione controllata.

Impiantistica tecnologica a servizio della camera pulita IASF BO

In questo paragrafo si vuole rispondere ad uno degli obbiettivi primari del documento relativo all'impiantistica del locale Camera Pulita al fine di fornire il maggior numero di informazioni possibili utili alla corretta gestione del locale.

La camera bianca IASF-BO di Fig. 6 è stata progettata come camera di classe 10.000, cioè per avere al suo interno non più di 353.000 particelle al metro cubo di diametro 0.5 micron. Tale classe corrisponde, secondo la norma ISO 14644-1, alla classe ISO 7 e, come tale, la camera è classificata.



Fig. 6 Camera pulita locale IASF 613/614.

Facendo riferimento alle planimetrie di Appendice 1 e ai dati progettuali degli impianti tecnologici aeraulici a servizio del locale, suddivisi nei layout, meccanici ed elettrici delle Appendici da 2 a 4, si analizza brevemente la struttura ed il funzionamento dell'impianto Camera Pulita IASF BO.

Al quarto piano dell'edificio è presente l'ambiente controllato, suddiviso in zona grigia (locale 613) e zona bianca (locale 614), Figura 1.a di Appendice 1. Normalmente, infatti, la camera bianca necessita di locali attigui che permettano il passaggio dall'ambiente esterno, considerato sporco od area nera, nell'ambiente pulito senza che esso ne risulti contaminato.

Nell'ingresso (locale 613), la zona spogliatoio, magazzino materiale e il quadro elettrico, Figura 1.c di Appendice 1. Luci e prese F.M. dell'ingresso sono normalmente alimentate e vengono controllate da un differenziale e due magnetotermici posti nel quadro elettrico senti Vanni. Nella camera bianca è presente una linea telefonica e 2 linee dati. Attualmente la linea telefonica è attestata sul connettore che porta il numero 8655. Essendo disponibile, per ora, un'unica linea telefonica, può essere utile spostarla in un altro punto della stanza a seconda delle esigenze degli utenti.

In Appendice 1 è mostrato l'allestimento della zona spogliatoio e gli arredi a servizio del laboratorio, Figura 1.b.

Sulla copertura al piano superiore al locale camera pulita è collocata la macchina *Unità di Trattamento Aria* (Appendice 2) descritta nel paragrafo di pertinenza.

La camera permette di far arrivare al suo interno solo aria compressa, mediante tre distinte tubazioni, tutte attestate sulla parete opposta a quella in cui si apre la porta. Riferimento appendice schema gas.

Come abbiamo visto precedentemente nella sezione teorica del documento i fattori determinanti delle camere bianche sono:

- Quantità di aria di ventilazione
- Uso di filtri ad alta efficienza
- Terminali filtranti
- Studio della movimentazione dell'aria
- Pressurizzazione della camera
- Materiali da costruzione e finitura superficiale

Di seguito la descrizione di come sono stati gestiti nella nostra infrastruttura.

Quantità di aria di ventilazione

Il sistema autonomo di ventilazione e condizionamento (VCCC) impiegato in Camera Bianca prevede primariamente l'UTA per il trattamento dell'aria esterna (A.E.), il condizionamento ed il ricircolo dell'aria ambiente, le canalizzazioni, i filtri, le serrande di taratura e l'unità esterna di umidificatore di vapore.

L'aria immessa nella camera bianca viene trattata dall'UTA IASF BO di Fig. 7 che miscela aria di ricircolo ambiente con una parte di aria esterna. Gli elementi meccanici (serrande/ventilatori) della macchina risultando fonte importante di rumore e vibrazione sono stati alloggiati nel locale tecnico al piano superiore (Appendice 2), dove può accedere solo il personale specializzato ed autorizzato.

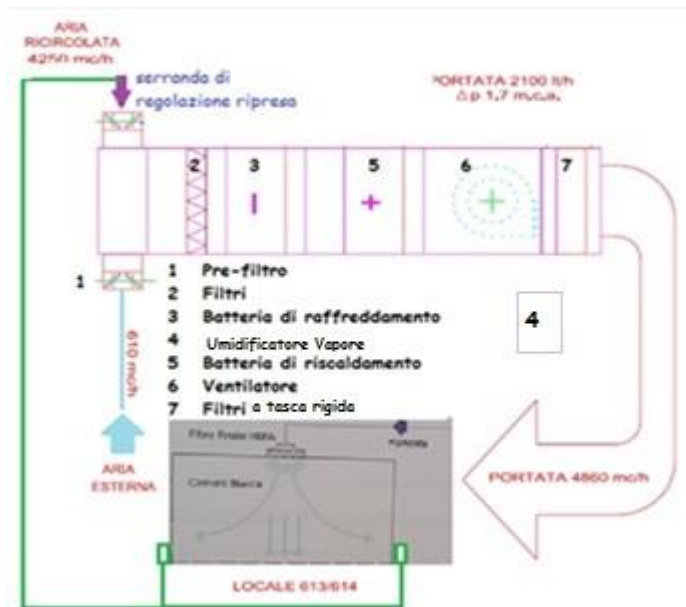


Fig. 7 Sistema camera bianca e impianto VCCV con i suoi costituenti (UTA, reti aerauliche e terminali d'ambiente).

L'unità (vedi anche Figura 2.a Appendice 2) è dotata di batteria scaldante, raffreddante, una serie di prefiltri sul ricircolo e filtro a tasche sulla mandata che preservano la mandata dall'inevitabile polvere generata dal movimento delle cinghie del ventilatore. L'unità di umidificazione (con produttore elettrico locale) è esterna all'UTA.

Durante l'inverno l'aria segue il percorso: serranda-->(recuperatore)-->filtro-->pre-riscaldamento-->sezione umidificante-->post-riscaldamento-->filtro-->ventilatore

In questa stagione l'aria esterna viene riscaldata tramite la batteria di preriscaldamento prima di essere miscelata, e tale operazione viene effettuata da regolatori Staefa (vedi dettagli in [appendice Relazione camere bianche](#)), questi regolatori provvedono anche a mandare un allarme al sistema di telecontrollo nel caso in cui la temperatura del locale superi di 2,5 gradi il valore di set point. La batteria fredda non è operativa.

In estate il percorso è:

serranda-->(recuperatore)-->filtro-->batteria fredda-->post-riscaldamento-->ventilatore

La batteria pre-riscaldamento e la sezione umidificante non sono operative.

L'UTA possiede molteplici collegamenti con altri impianti. Oltre alle canalizzazioni aerauliche, occorre collegare la macchina all'impianto dell'acqua calda, dell'acqua refrigerata (per le batterie), dell'acqua a temperatura ambiente (per la sezione umidificante). Vi sono collegamenti elettrici (ventilatore, centraline, motori serrande) e scarichi verso fognatura (acqua di condensa, acqua nebulizzata a perdere).

La parte di aria da ricircolare viene prelevata dagli ambienti con **8 bocchette di ripresa (BR)** a parete 500x300mm nel locale 614 e una a sezione 200x100mm nel locale 613 posizionate a quota pavimento e convogliata all' UTA con le idonee canalizzazioni **disegno n.**

Il grado di purezza dell'aria richiesto per la camera bianca viene ottenuto con un numero elevato di ricircoli orari aria ambiente opportunamente filtrata (vedi Tabella 1). La riduzione di portata dovuta al progressivo sporcamento dei filtri, viene compensata dal regolatore di pressione RFK 99 che agisce su una serranda posta sulla macchina stessa per mantenere fissa la portata.

La gestione dell'Unità di Trattamento Aria, è sotto contratto annuale di manutenzione programmata CEFLA che prevede il controllo dello stato di efficienza dei pre-filtri e la pulizia dei filtri dell'aria, atti a mantenere la classe della camera bianca. **Aggiungere dati Grilli.**

In Appendice 2 macchina di trattamento aria (UTA) a servizio della camera bianca IASF-Bologna
Richiamo a **disegno di Grilli (da scansionare)**.

Classe da mantenere ISO 7

Area bianca (locale 614)	43mq	1) INVERNO: t=C° 23 U. R.=% 50
Volume 614	150mc	2) ESTATE : t=C° 23 U. R.=% 50
Area grigia (locale 613)	4.5mq	3) MEZZE STAGIONI: t=C° 23 U. R.=% 50
Volume 613	16mc	4) REGOLAZIONE TEMPERATURA CON TOLLERANZA +- C° 1
Aria esterna (Rinnovi) (750mc/h)	5v/h	5) REGOLAZIONE UMIDITA' CON TOLLERANZA +- % 5
Temperatura	23	6) ESIGENZE PARTICOLARI:
Umidità	50%	- Garanzia di mantenimento delle condizioni termoigrometriche
Persone	1/10mq	- Garanzia di mantenimento di sovrappressione ambientale
Mandata UTA	4860 mc/h	7) TIPO DI FILTRAZIONE : CL 10000
8 terminali di immissione (7+1)		8) ARIA ESTERNA DI RINNOVO MIN.: vol/h 3
Ripresa UTA	4250 mc/h	10) ESTRAZIONE IMPIANTO CENTRALIZZATO OD AUTONOMO : vol/h 0.8
8 bocchette di ripresa (7+1)		11) ESTRAZIONE DA CAPPE:
		C.F.L.I cappa a flusso laminare con ripresa in ambiente
		12) PRESENZA DI PERSONE MAX. in. 1/10 mq
		13) POT. Elett. INST. IN AMB. (esclusa illum.) KW 5 CONTEMP. % 100
		14) POT. Elett. DISS. IN AMB. (esclusa illum.) KW CONTEMP. %
		15) APPARECCHIO SANITARIO: Lavabo n. 1
		17) MACCHINARI CON RICHIESTA DI ASPORTAZIONE DI CALORE
		Potenza da smaltire : kw 2
		T Ingresso : C° 18
		Portata : lt/1' 2
		Pressione dell'utilizzatore : bar
		In ciclo chiuso Dp apparecchio : mt. c.a.
		Durezza acqua : F°
		18) PRESA ACQUA DI RAFFREDDAMENTO :n. 1 CONTEMP. %
		20) PRESA DI ACQUA DEMINERALIZZATA :n. 1
		21) PRESA ARIA COMPRESSA :n. 2
		22) PRESA DI ARIA COMPRESSA DEUMIDIFICATA :n. 1
		28) ASPIRAZIONE POLVERI CENTRALIZZATO
		29) COPERTURA ANTINCENDIO DI PIANO A MANICHETTE
		32) IMPIANTO INTEGRATIVO TIPO :F
Ricircoli totali nominali (R) portata di aria entrante/volume camera bianca	32	Legenda del layout di visualizzazione grafica

sfondo fonte dati "Impianti meccanici 1 3° Agg. Giugno 1993":

Sovrapressioni da mantenere in camera	Dati Grilli	sfondo	sfondo	fonte dati "Scheda tecnica" TESRE foglio 58
		sfondo	sfondo	fonte dati "Impianti meccanici 2 3° Agg. Giugno 1993"
		sfondo	sfondo	fonte dati - calcolati

Tab. 1 Parametri identificativi delle prestazioni del locale IASF-Bologna.

In Appendice 3 è riportata la scheda tecnica del locale IASF-Bologna.

In uno sistema di questo tipo, come si può evincere dagli schemi progettuali degli impianti in allegato, in caso di guasto dell'UTA, anche dovuto al semplice blocco del ventilatore, si ha il fermo completo dell'impianto e la conseguente perdita istantanea di tutti i parametri vitali di funzionamento della Camera Bianca quali temperatura, umidità, pressione e pulizia dell'aria.

Filtri

L'unità di trattamento aria è dotata di una serie di pre filtri meccanici di tipo fibroso collocati sulla linea di ricircolo e filtri a tasche sulla linea di mandata.

I terminali di immissione aria in ambiente (Figura 8) sono costituiti da filtri assoluti, per la filtrazione finale ad altissima efficienza, tali da garantire il grado di purezza desiderato e che sono disposti secondo lo schema in Figura.

Il modello montato nella Clean Room IASF BO è di tipo ULPA U15 610*610*152 mm provvisto di saracinesca.

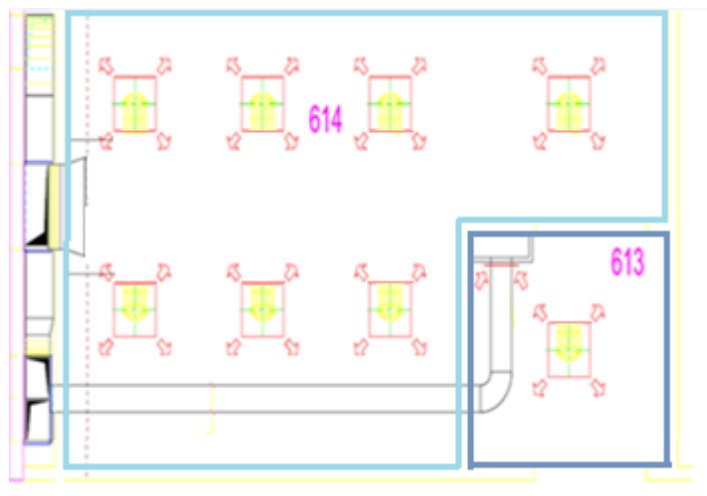


Fig. 8 Schema disposizione diffusori a soffitto e sistema di canalizzazione.

Il filtro HEPA/ULPA (Figura 9) ha la capacità di bloccare al suo interno il 99,999% degli agenti inquinanti aventi una dimensione maggiore di 0,3 micron.

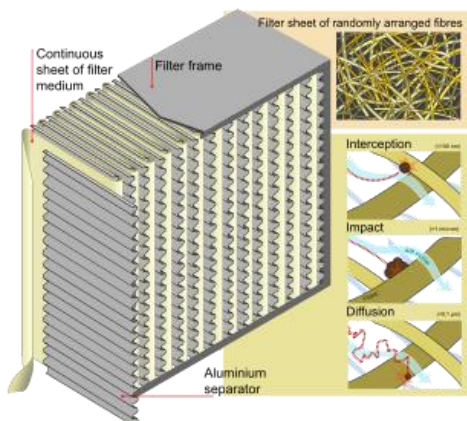


Fig.9 Filtro Assoluto a flusso laminare (HEPA).

L'efficacia di questo filtro non si ferma agli agenti aventi dimensioni maggiori del limite, ma ha anche una certa efficacia su particelle aventi dimensioni minori di 0.12 micron. Infatti, data la natura tortuosa del cammino che le particelle più piccole devono compiere all'interno del filtro stesso, esiste la possibilità che gran parte di queste vengano intrappolate nei meandri del setto filtrante impedendone quindi la fuoriuscita in area pulita.

Le efficienze di filtrazione aumentano col progredire dell'intasamento fino a quando le tensioni meccaniche sulle microfibre, causate dalle perdite di carico, non ne determinano la rottura.



Anche se la quantità di polvere aero-portata presente nell'aria in arrivo ai filtri terminali è talmente bassa che il progredire dell'intasamento è assai lento bisogna tenere conto del progressivo **invecchiamento** delle fibre del filtro che a causa delle vibrazioni causate dal sistema di ventilazione possono innescare rotture delle microfibre con decremento delle caratteristiche di filtrazione del filtro HEPA. Essendo queste fenomenologie dipendenti dal tempo di funzionamento e alla perdita di carico è opportuno fissare un periodo massimo di funzionamento o test periodici di verifica delle prestazioni.

Movimentazione dell'aria

La geometria di ventilazione utilizzata nella Clean Room IASF BO è quella basata sul posizionamento dei filtri a scacchiera. Tale configurazione, adottata per il buon compromesso performance/costi, raggruppa sopra le aree “critiche” flussi unidirezionali sufficientemente grandi da garantire le lavorazioni senza arrivare a coprire l'intero soffitto.

Nella camera bianca IASF BO convivono quindi due tipologie di flusso: quella di tipo unidirezionale sotto i filtri terminali e quella di tipo convenzionale al di fuori di queste aree. All'interno della camera si alternano zone di massima e minima pulizia. Questa soluzione si pone a metà strada sia in termini impiantistici che di costo tra i due tipi di camera classici visti precedentemente e viene denominata flusso unidirezionale parziale o flusso misto.

Pressurizzazione

La camera funziona normalmente in leggera sovrappressione rispetto all'esterno. Infatti, come si è già detto, un altro elemento distintivo è rappresentato dalle pressioni relative degli ambienti rispetto alle zone nere confinanti, in questo modo l'aria tende sempre ad uscire dalla camera verso i locali più sporchi e non viceversa.

I locali 614 e 613 vengono mantenuti in pressione rispetto agli ambienti circostanti (corridoio 0, disimpegno +, locale ++) estraendo (con estrattore indipendente, canalizzazione e cassonetto grigliato con **filtro assoluto silenziatore**) una quantità d'aria inferiore a quella di reintegro continuo dall'esterno (presa aria esterna).

Anche la zona controsoffittata è mantenuta in depressione con altro ventilatore indipendente, affinché ci sia flusso d'aria dal locale controllato verso l'esterno, evitando così il rientro di aria inquinante (in quanto non adeguatamente filtrata).

I valori controllati dalla centralina CEFLA sono relativi a temperatura, umidità e delta di sovrappressione. Quando la portata dell'aria è normale e con la porta esterna dell'ingresso chiusa, si devono leggere i seguenti valori:

1. Vestibolo $\geq .1 \text{ cm acqua} \cong (10 \text{ Pascal})$
2. Camera bianca $\geq .2 \text{ cm acqua} \cong (20 \text{ Pascal})$ **chiedere Grilli**



Per meglio mantenere la camera pulita si consiglia di aprire una porta alla volta, poichè non c'è alcun sistema di interblocco che impedisca l'apertura multipla.

Una diminuzione dei valori al di sotto della soglia, segnala l'intasamento dei filtri dell'impianto. Questi valori vengono controllati dal personale CEFLA che informa il Responsabile del locale Camera Pulita per i provvedimenti del caso. Gli utenti sono invitati a segnalare anomalie e malfunzionamenti avvertiti durante la permanenza nel locale.

disegni Ho ragione di credere che il layout del disegno TES-012 (quello a cui lei si riferisce) sia sbagliato.

a integrazione delle info della mail del 4 luglio le segnalo che la portata della nostra macchina UTA è di 4860 mc/h (come da layout tavola TES-001) e non 8000 come da disegno TES-036 (che secondo me è un refluio progettuale e inficia sulle portate dei filtri assoluti riportate nel dettaglio del disegno TES-012).

costruzione sono installate molte prese elettriche quando si riesce a smaltire solo 2kw

arredi solo materiale metallico come acciaio inox o alluminio opportunamente trattato, come sono i nostri?

Camera climatica » Dissipazione a -25°C: 400 Watt????

Attrezzature e operazioni tipiche in Clean room

Fatta la premessa che le camere bianche richiedono tanto spazio per le attrezzature. Più alta è la classificazione di pulizia della camera bianca, più spazio è necessario per le infrastrutture per fornire un adeguato supporto alla camera bianca. Utilizzando una camera bianca di 90° come esempio, una camera bianca classe 100.000 (ISO 8) dovrà avere da 20 a 40 m² di spazio di supporto, una camera bianca di classe 10.000 (ISO 7) dovrà avere da 20 a 70 m² di spazio di supporto, una camera bianca di Classe 1000 (ISO 6) avrà bisogno da 45 a 90 m² di spazio di supporto, ed una di classe 100 (ISO 5) avrà bisogno da 70 a 140 m² di spazio di supporto.

Di fatto lo spazio di supporto reale varia a seconda del flusso d'aria (AHU) e dalla complessità dell'impianto e il numero di sistemi dedicati di supporto per le camere bianche (scarico, unità di ricircolo dell'aria, acqua refrigerata, acqua calda, vapore, e acqua di deionizzazione/osmosi inversa).

Nel nostro caso, circa 50 m² classificazione ISO 7, dovrebbero rimanere disponibili dai 10 a 35 m² di spazio di supporto.

All'interno dello spazio di supporto servibile nel locale IASF Bologna n. 614 vi è anche fruibilità di strumentazione di servizio alle attività di assemblaggio e test di qualificazione sui prototipi spaziali, in particolare, microscopi ottici, camera a flusso lamellare, vasca pulizia a ultrasuoni e camera climatica.

Di seguito una descrizione dei principali strumenti in dotazione al locale.

Attrezzature

Cappa a flusso laminare



La cabina della serie BIO, è una cappa a flusso laminare verticale in Classe 100 (M3.5) o ISO Classe 5, che essendo dotata di un filtro assoluto HEPA con efficienza migliore del 99.995% MPPS (H14), in grado di garantire un'ottima protezione del materiale fornendo una zona di lavoro altamente decontaminata da microrganismi e pulviscolo inerte.

La laminarità del flusso di aria a livello del piano di lavoro viene assicurata dalla bilanciata foratura del piano stesso e dall'aspirazione nella parte frontale. L'eccesso di aria aspirata nella parte frontale viene espulso all'esterno attraverso un manicotto posto sulla parte superiore, consentendo un adeguato ricambio dell'aria in ricircolo ed il mantenimento di una deriva termica ridotta.

Il Pannello comandi è dotato di interruttori luminosi a pressione per l'accensione della: illuminazione, presa elettrica, velocità notturna.

Predisposto con display digitale della velocità dell'aria a servizio dell'anemometro a regolazione automatica.

La carpenteria è completamente in acciaio inossidabile per garantire la miglior cleanability.

Il piano di lavoro e parete di fondo in acciaio inossidabile è accessoriato di un rubinetto manuale gas/vuoto e di una presa tensione con protezione IP44. Sul fianco sono disponibili tre conn

L'aria viene spinta in pressione nel plenum dal motoventilatore e passa attraverso il filtro assoluto HEPA, scendendo in flusso laminare nella camera di lavoro. Viene quindi aspirata attraverso il piano forato in un canale di ripresa in depressione e quindi in piccola parte espulsa all'esterno e la restante parte ricircolata nella camera di lavoro. L'aria espulsa genera il continuo richiamo d'aria dall'esterno che garantisce un adeguato ricambio ed una minima deriva termica.

Camera climatica



IASF-BO si è dotata dal 2001 di una macchina per effettuare le prove ambientali sulle apparecchiature elettriche-elettroniche: la camera climatica CHALLENGE 250 di Angelantoni Industrie.

Tale camera climatica consente di verificare il funzionamento delle apparecchiature in un campo di temperatura che va da -40°C a $+180^{\circ}\text{C}$ e con umidità relativa variabile dal 10% al 98% nel range di temperatura $+5^{\circ}\text{C}$ - $+95^{\circ}\text{C}$.

- » Capacità utile: 224 lt
- » Dimensioni interne: 600x535x700 (LxPxH) mm
- » Dimensioni esterne: 850x1460x1563 H mm
- » Campo di temperatura: $-40/+180^{\circ}\text{C}$
- » Controllo con μPLC completo di tastierino di comando con display a 4 righe posizionato sulla porta. Consente la programmazione e l'esecuzione dei cicli di T e UR, nonché l'attivazione di tutte le funzioni accessorie.

- » Dissipazione a -25°C : 400 Watt
- » Rumorosità: 59 dB(A) misurata ad 1m dal fronte in locale non riverberante
- » Potenza elettrica: 7,7 KW (media 4,8 KW)
- » Tensione alimentazione: 400V
- » Peso: 490 Kg
- » Montaggio su ruote
- » Interfaccia seriale RS232
- » Software Winkratos per gestione remota

PC fisso e Notebook



La connettività alla macchina CH 250 è assicurata via RS232 da due PC dedicati alle attività in camera pulita con sistema operativo Windows (XP/VISTA/7 - versione Professional o superiore).

Il software WinKratos (@ATT) è l'ambiente di supervisione e monitoring. Da WinKratos è possibile creare profili di test, avviare o interrompere l'esecuzione di un test nelle modalità "manuale" o "programma", visualizzare i dati

in forma tabellare o grafica, verificare l'intero stato operativo del sistema.



Il programma consente la gestione dell'archivio e l'elaborazione dei dati dei cicli effettuati; ciò costituisce un elemento di fondamentale importanza in quanto rende possibili per l'utente le seguenti facilities:



- Creare dei programmi di test;
- Consultare e modificare programmi di test precedentemente creati;
- Stampare il listato di un programma di test.

Vasca pulizia a ultrasuoni



Questa vasca permette lavaggi accurati e la rimozione di sporco e incrostazioni di parti di pezzi meccanici attraverso l'effetto fisico generato nel liquido, chiamato "cavitazione acustica" responsabile del processo di pulizia. La cavitazione ha luogo tutte le volte che un liquido entra in contatto con l'oggetto che viene pulito, ad esempio: sottili recessi/screpolature e intercapedini nascoste che molti altri metodi di pulizia non riescono a raggiungere.

Armadio calore Heraeus



Armadietto riscaldante ad alte prestazioni con la funzione di ricircolo e di scarico per le attività di curing delle colle utilizzate sui detector. Gli adesivi utilizzati prevedono la polimerizzazione in temperatura. A questo scopo è sufficiente posizionare i materiali incollati nel forno preriscaldato a circolazione forzata e impostare la temperatura desiderata controllando la velocità di rampa tipica del prodotto.

Collegamento: 380V; 9 kVA

Potenza di riscaldamento: 8 KW

Temperatura: in continuo fino a 250 °C. Controllo digitale e termostato di sicurezza.

Ventilazione, ricircolo / aria fresca; luce di scarico flusso d'aria orizzontale

Controllare se nell'armadio c'è il manuale d'istruzione.

Microscopio ottico



Dopo le fasi di lavorazione e di assemblaggio, quando necessario, vengono effettuati dei controlli, a microscopio e a lente, sui device saldati per individuare possibili problematiche di processo e di lavorazione sui processi di brasatura, con lo scopo di controllare la giusta quantità di pasta saldante che deve essere presente sulla guida d'onda.

L'ispezione visiva della deposizione della pasta saldante conforta circa l'affidabilità del processo di saldatura.

Il microscopio non è in dotazione alla stanza e viene trasportato all'interno del locale dagli utenti che ne necessitano.

Camera pulita
Requisiti, qualità e impianti

Operazioni tipiche

- Test sensori
- Assemblaggio moduli
- Microscopia
- Lavaggio componenti

Test e sensori



- QL Console *PICsIT* Qualification Model
- Test in temperatura barre di AGILE
- Test di calibrazione del modello di volo di MCAL di AGILE.

Assemblaggio moduli



- *PICsIT* modular detection unit (QM), satellite INTEGRAL
- Caratterizzazione dei Ricevitori a Microonde di PLANCK LFI
- Preparazione ai test di vibrazione ei Ricevitori a Microonde di PLANCK LFI

Microscopia



- Amplificatore criogenico in banda W
- Brasature delle guide d'onda di PLANCK LFI
- Guide d'onda di PLANCK LFI

Manipolazione e lavaggio componenti



- Guide d'onda di PLANCK LFI
- Sensori di pressione

Considerazioni finali

La Clean room è un ambiente di lavoro dove vengono effettuate operazioni che necessitano di elevata attenzione e concentrazione.

Spesso si interviene nelle fasi finali della preparazione di apparati sperimentali molto delicati e costosi.

La conoscenza dell'ambiente di lavoro e del suo funzionamento, è il primo e basilare principio a garanzia del corretto funzionamento del locale e per la prevenzione della sicurezza.

Il personale operante all'interno deve essere totalmente composto da persone che hanno avuto un training sulle tecnologie degli ambienti a contaminazione controllata.

Le camere bianche hanno molti potenziali insidie, e la supervisione di responsabili preparati ed esperti è veramente raccomandata.

La formazione specifica su questo particolare ambiente di lavoro è funzionale anche alla corretta manutenzione che è consigliabile non delegare incondizionatamente a terzi senza fornire chiare istruzioni e senza effettuare controlli su quanto effettuato dai prestatori d'opera che può altresì comportare costi occulti e uno scadimento del livello di sicurezza.



Per contro questo rischio è evitabile con un minimo di informazione e di formazione del personale preposto ai controlli e del personale tecnico addetto alla manutenzione.

Le camere bianche sono come le auto da corsa. Se adeguatamente progettate e costruite, sono macchine ad alte prestazioni e ad alta efficienza. Quando mal gestite e mantenute, operano male e sono inaffidabili.



Azioni future

- Cosa non c'è
- controllo del livello di contaminazione ambientale, con il rilascio di un rapporto di funzionalità e di riclassificazione della camera stessa. Stessa cosa per la cappa.



➤ Stabilire un buon programma di manutenzione preventiva atto alla verifica della pulizia delle bobine del condensatore, del livello del refrigerante e del controllo della temperatura può scongiurare complicità devastanti sulle performance della camera e contenere i costi energetici, già alti per questo tipo di attività.

➤ Valutazione dei costi energetici IASF-Bologna annui.

➤ Essendo queste fenomenologie dipendi dal tempo di funzionamento e alla perdita di carico è opportuno fissare un periodo massimo di funzionamento o test periodici di verifica delle prestazioni.

- Data la classe sono sufficienti dei normali filtri HEPA H14.
- la complessità dell'ambiente clean-room determina che la manutenzione straordinaria è affidata all'esterno ad imprese specializzate. Infatti, tutte le problematiche di manutenzione di questo tipo di ambienti, dal collegamento elettrico difettoso alla lubrificazione

insufficiente di un motore del ventilatore possono avere un impatto immediato e diretto sulla qualità della pulizia del locale.

- Cordless
- Linea wi fi

Ringraziamenti

Queste informazioni, che fino alla stesura di questo documento, non erano disponibili in IASF BO sono state acquisite grazie alla collaborazione di Robert Minghetti, Responsabile dei Servizi di Area del CNR e alla ditta CEFLA, nella persona di Claudio Grilli.

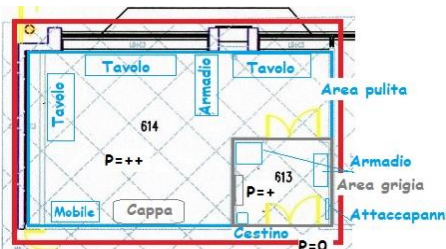
Documenti di riferimento

- [D1] Le grandi infrastrutture scientifiche del CNR – Alberto Bombonati
- [D2] Incarico Attivazione locale - 18.12.2000
- [D3] Ordine di servizio 09/10 - 25.6.2010
- [D4] Rapporto Interno INAF/IASF-Bologna n. 583/2010
- [D5] Standard ISO 14644-1 “Classification of air cleanliness” -(1999)
- [D6] ISO 14644-2 “Specifications for testing and monitoring to prove continued compliance with ISO 14644-1” - (2000)
- [D] Notiziario filtrazione Dati tecnici Rev. 10-2010 IT

Appendice 1

Facility: Camera bianca
Tipologia: Camera bianca ISO 7
Luogo: INAF-Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio di Bologna (OAS), via Gobetti 93/3 40129 Bologna - ITALY

a.	Descrizione Facility
La Camera Pulita di classe ISO 7 (1:10000), è un ambiente OAS che soddisfa stringenti requisiti di controllo ambientale quali la presenza di aria molto pura, a bassissimo contenuto di microparticelle di polvere in sospensione, per evitare falsi contatti elettrici e problemi meccanici alle operazioni di calibrazione e assemblaggio dei detector spaziali e alla qualifica di sistemi per voli da pallone stratosferico e satelliti. Tale spazio, dotato di vestibolo e adibito a laboratorio chimico, meccanico e/o elettronico costituisce un'area tecnologica a contaminazione controllata con sistema a portata variabile che consente il controllo della pressurizzazione ambientale. L'infrastruttura è fornita di un contatore portatile di particelle d'aria MET ONE a tre canali per il monitoraggio ambientale giornaliero e la convalida delle performance, di una camera a flusso lamellare di classe fino a 1000, vasca pulizia a ultrasuoni e camera per simulazioni climatiche.	

b.	Caratteristiche Tecniche
CARATTERISTICHE TECNICHE:	
Area bianca (locale 614)	43mq
Volume 614	150mc
Area grigia (locale 613)	4.5mq
Volume 613	16mc
Aria esterna (Rinnovi) (750mc/h)	5v/h
Temperatura	23
Umidità	50%
Persone	1/10mq
Mandata UTA 8 terminali di immissione (7+1)	4860 mc/h
Ripresa UTA 8 bocchette di ripresa (7+1)	4250 mc/h
Ricircoli totali nominali (R) portata di aria entrante/volume camera bianca	32
 	

c.	Per cosa è stata usata in passato
Nel periodo che va dal 2000 ad oggi la Camera Pulita è stata utilizzata in numerosi test di qualifica nell'ambito di diversi progetti spaziali (Integral, Agile, Planck, Euclid Ariel, Alma), proposte di esperimenti spaziali e test di laboratorio.	

d.	Necessità per il suo funzionamento
La gestione della camera bianca è garantita da due unità di personale dell'area tecnologica OAS a Tempo Indeterminato che gestiscono anche la camera climatica e la strumentazione a corredo del locale.	

e.	Anno di costruzione, ammodernamenti successivi e stato attuale facility (e.g. eccellente, ottimo, buono, discreto, necessita di ammodernamento)
Progettata a metà degli anni '90 (Area di Ricerca CNR), attivata nel 2000, riqualificata ISO 7 da un committente esterno con sostituzione dei filtri assoluti nel 2016 e dotata nel 2017 della modalità “Ridotta” del sistema di trattamento aria in una logica di energy saving che ha permesso, tramite un inverter, di depotenziare la ventilazione quando il locale a contaminazione controllata non viene utilizzato. L'impianto è attualmente in buone condizioni, un possibile ammodernamento potrebbe prevedere la sostituzione dei regolatori di pressione e di temperatura e la totale gestione dell'impianto in remoto.	
f.	Eventuali altre informazioni di interesse

Appendice 1 Planimetria locale Camera pulita

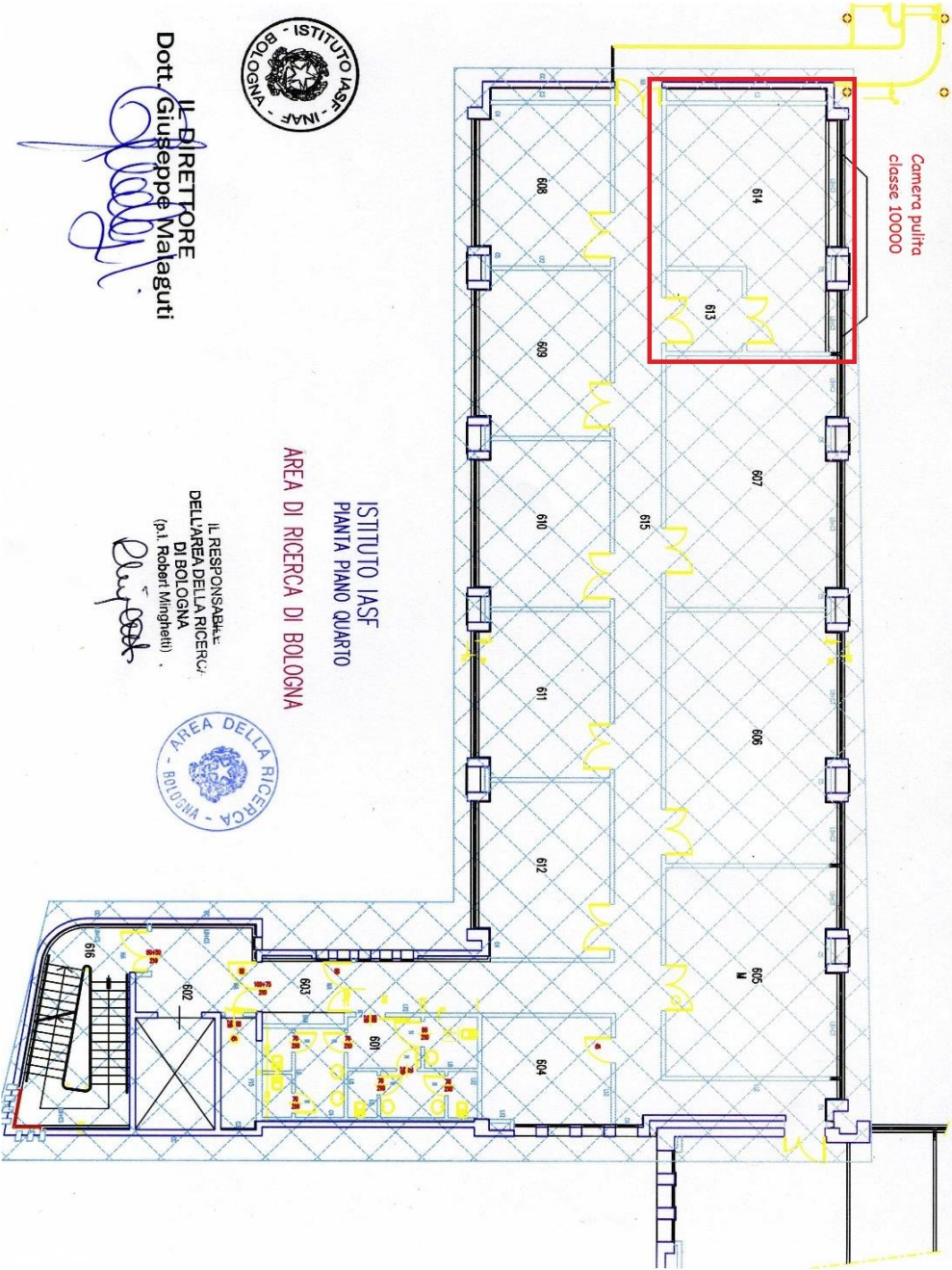


Fig. 1.a Planimetria locale Camera pulita IASF BO.

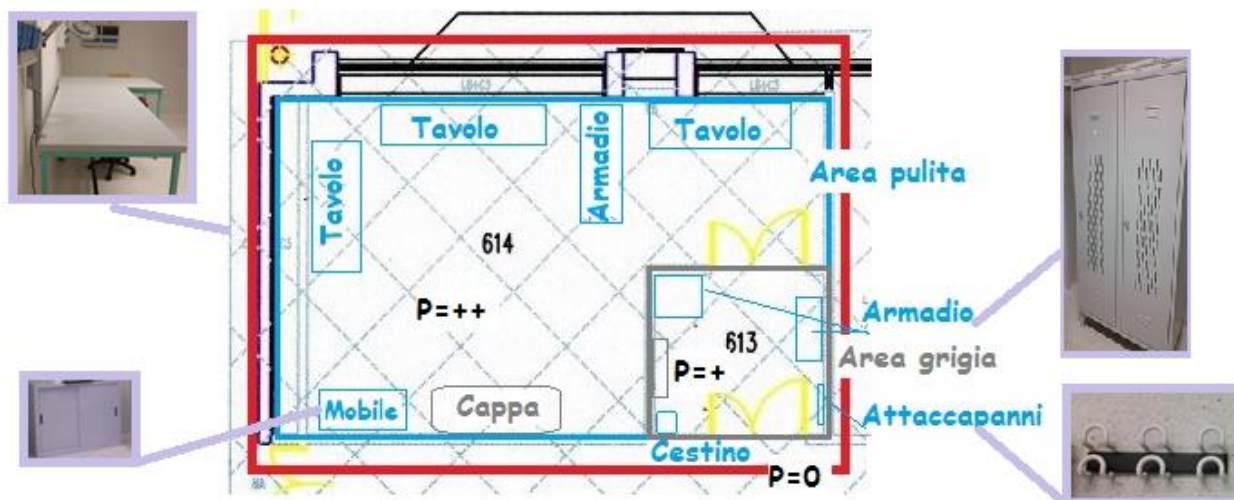


Fig. 1.b Layout dell'impianto Camera Pulita. Vengono evidenziati il vestibolo, la camera, gli arredi e i ΔP associati.

Locale 613

Vestibolo



Fig. 1.c Armadio spogliatoio e appendi abiti locale 613.

Locale 614

Camera Pulita



Fig. 1.d Visione d'insieme del locale 614, si distinguono arredi e strumentazione.

Appendice 2 Macchina di trattamento aria a servizio della camera bianca IASF-Bologna

File TES-001A

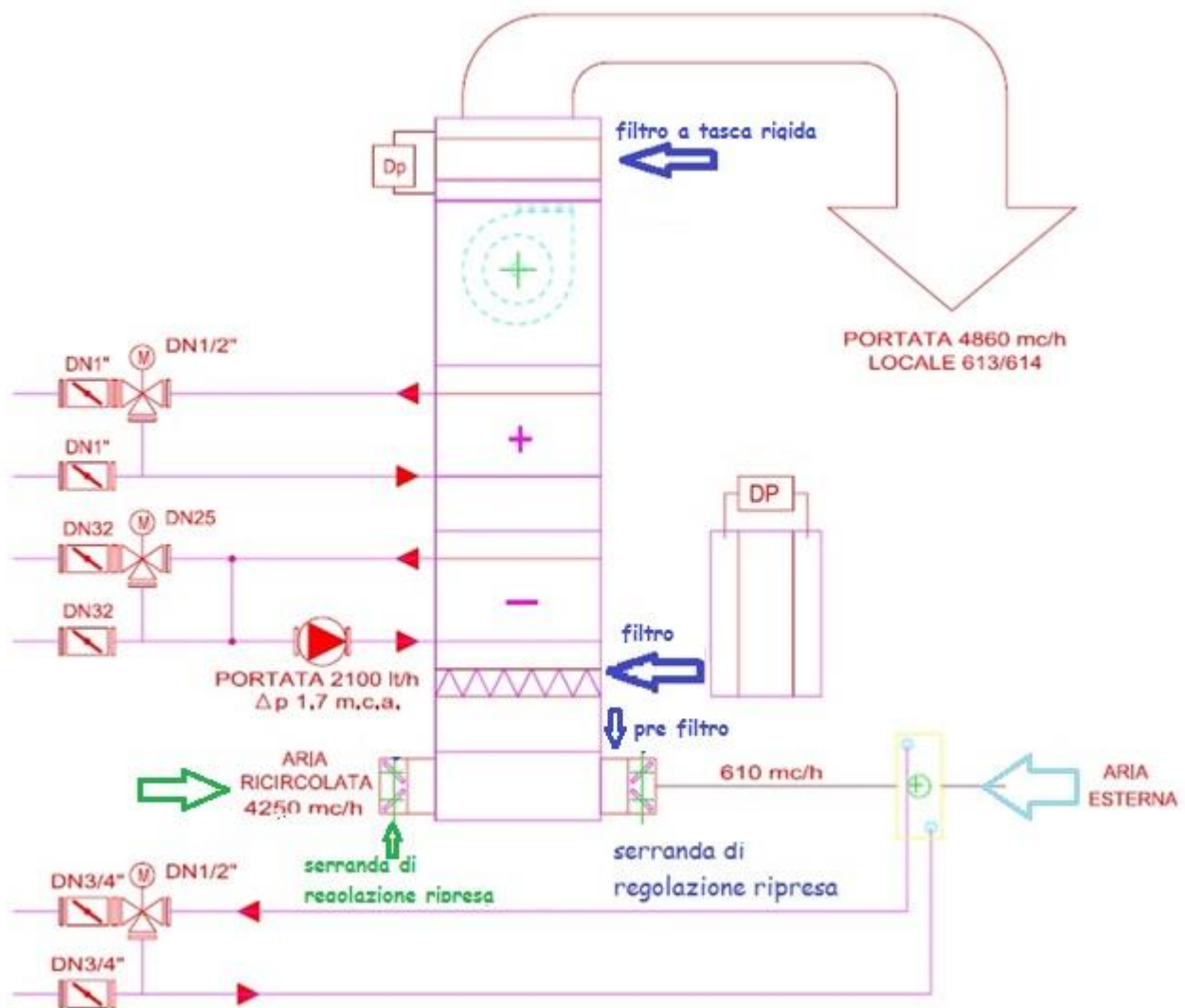
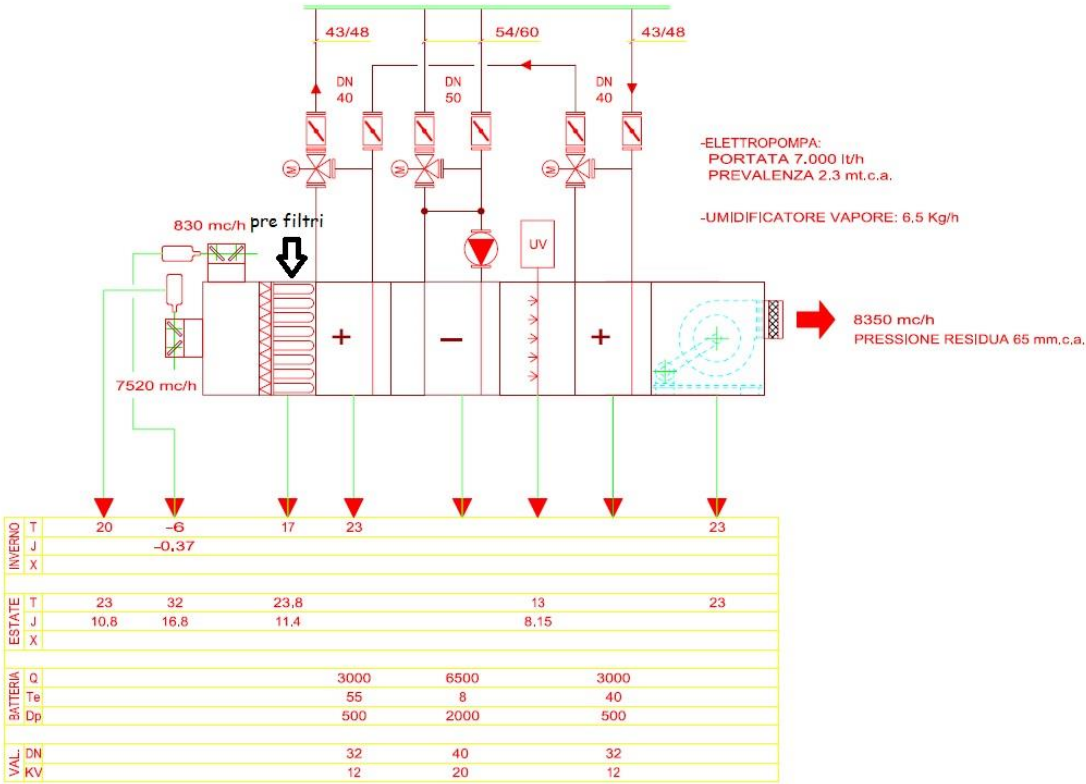


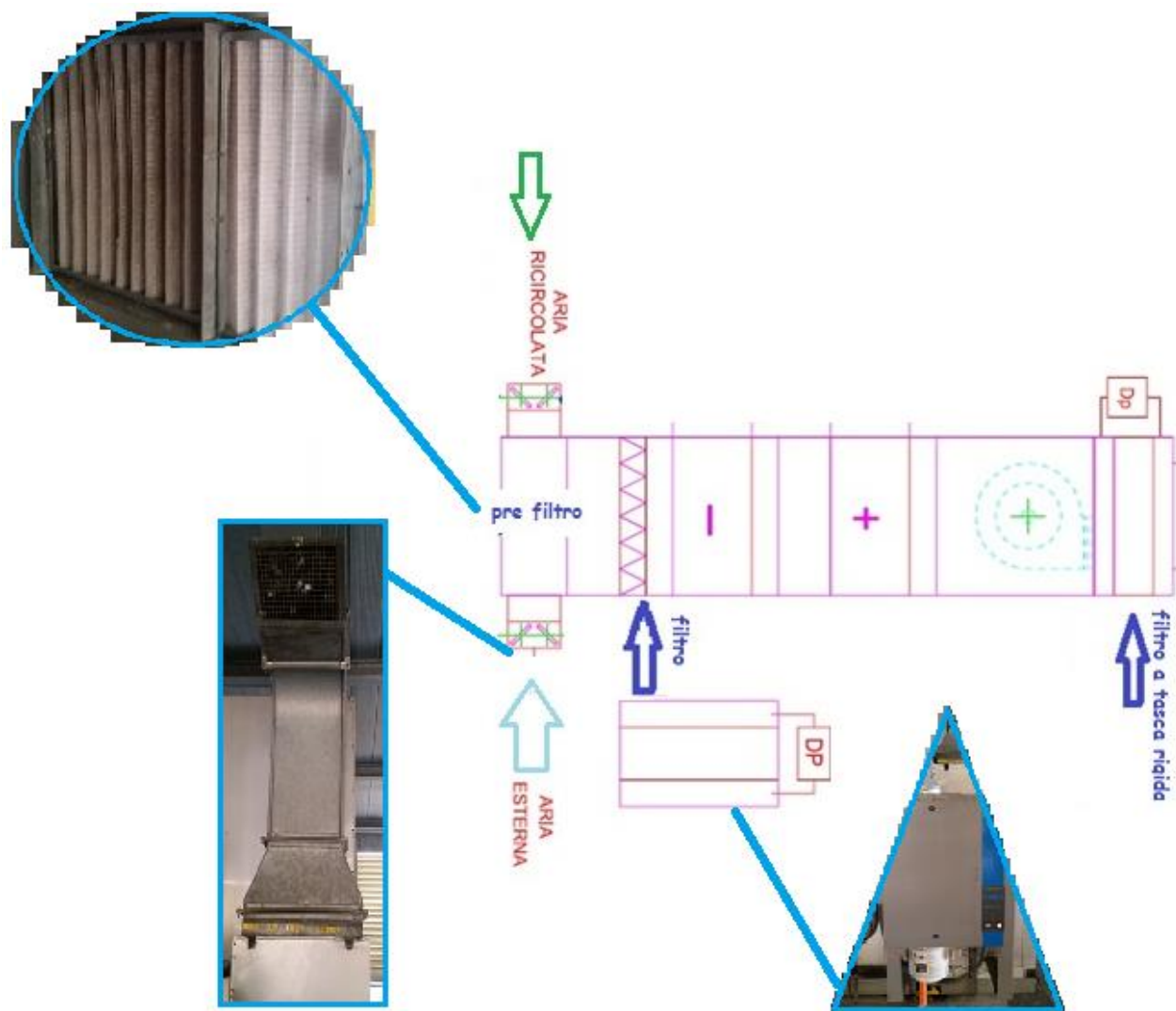
Fig. 2.a Schema UTA, si distinguono le mandate, i filtri per la pre-filtrazione (filtro a pannello, per la filtrazione intermedia (filtro a tasche) e le serrande di controllo della portata di ripresa **scrivere da dove è preso**.

Camera pulita

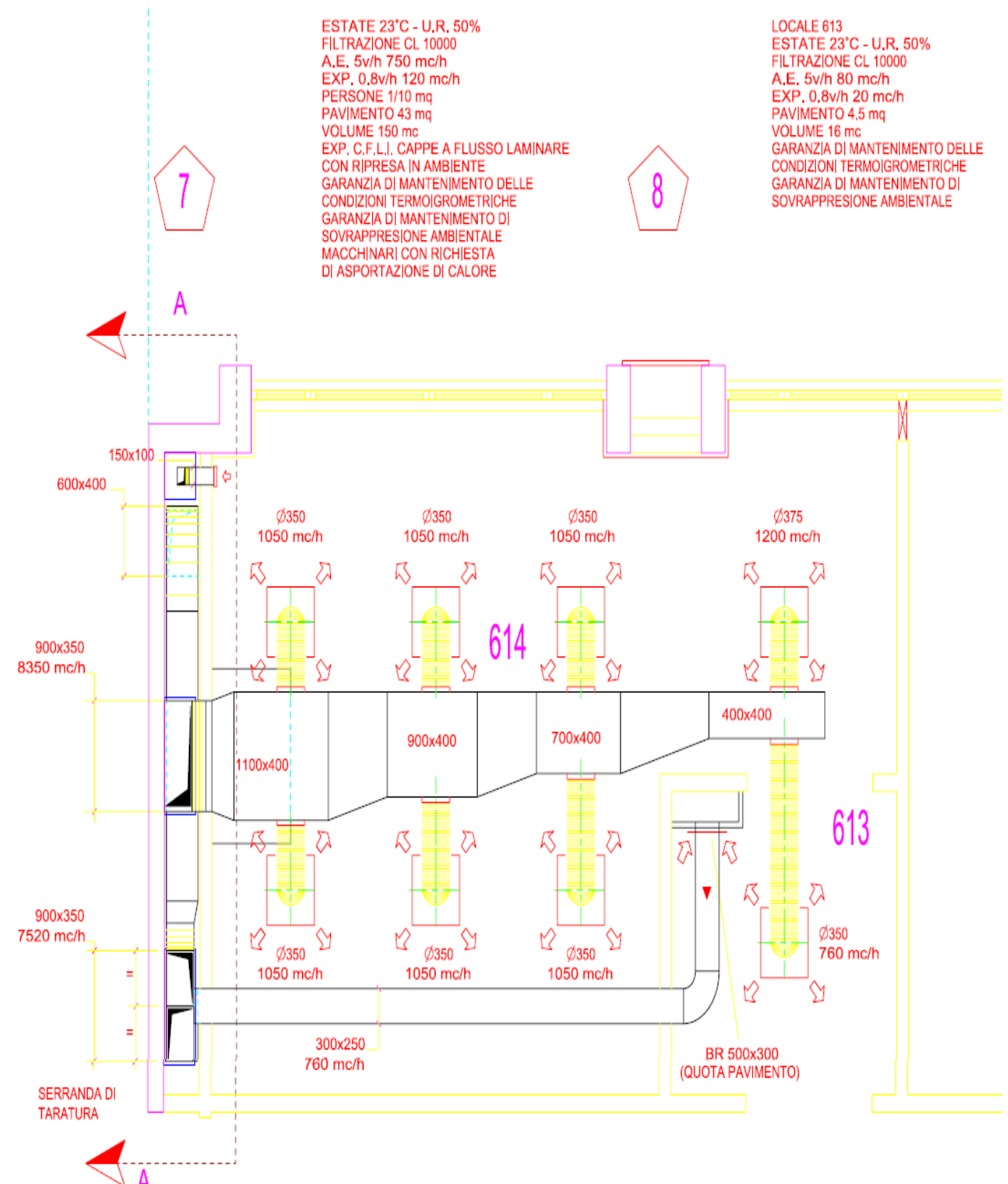
Requisiti, qualità e impianti



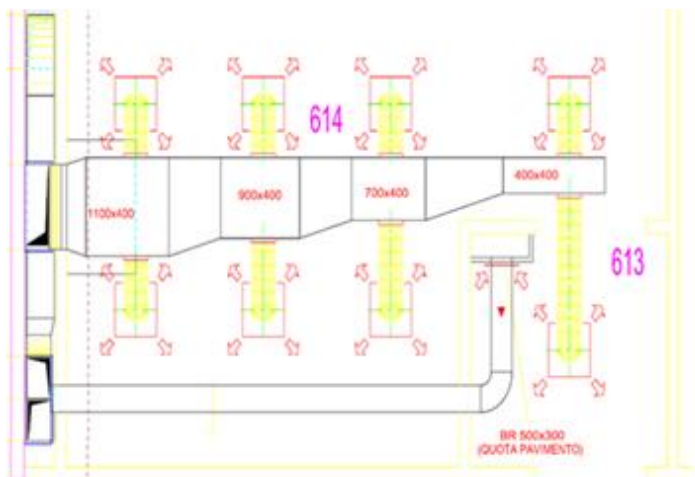
MACCHINA TRATTAMENTO ARIA
LOCALE 614 - 613



Lay out camera bianca con indicate le canalizzazioni, i filtri e le eventuali serrande di taratura



Controllare portate disegno con portate misurate



Bocchette di ripresa



Relazione camere bianche
Richiamo a disegno di Grilli (da scansionare).

Appendice 3 Scheda tecnica del locale IASF-Bologna

C.N.R. - BOLOGNA - SCHEDE TECNICHE

foglio TESRE \ 58

ISTITUTO TESRE PIANO QUARTO NUM. 614

TIPOLOGIA CAMERA

LOCALE INDIVIDUATO SUI DISEGNI

- 1) INVERNO: $t=C^{\circ} 23$ U. R.=% 50
- 2) ESTATE : $t=C^{\circ} 23$ U. R.=% 50
- 3) MEZZE STAGIONI: $t=C^{\circ} 23$ U. R.=% 50
- 4) REGOLAZIONE TEMPERATURA CON TOLLERANZA $\pm C^{\circ} 1$
- 5) REGOLAZIONE UMIDITA' CON TOLLERANZA $\pm \% 5$
- 6) ESIGENZE PARTICOLARI:
 - Garanzia di mantenimento delle condizioni termoigrometriche
 - Garanzia di mantenimento di sovrappressione ambientale
- 7) TIPO DI FILTRAZIONE : CL 10000
- 8) ARIA ESTERNA DI RINNOVO MIN.: vol/h 3
- 10) ESTRAZIONE IMPIANTO CENTRALIZZATO OD AUTONOMO : vol/h 0.8
- 11) ESTRAZIONE DA CAPPE:
C.F.L.I cappa a flusso laminare con ripresa in ambiente
- 12) PRESENZA DI PERSONE MAX. :n. 1/10 mq
- 13) POT. Elett. INST. IN AMB. (esclusa illum.) KW 5 CONTEMP. % 100
- 14) POT. Elett. DISS. IN AMB. (esclusa illum.) KW CONTEMP. %
- 15) APPARECCHIO SANITARIO:
Lavabo n. 1
- 17) MACCHINARI CON RICHIESTA DI ASPORTAZIONE DI CALORE
 - Potenza da smaltire : kw 2
 - T Ingresso : $C^{\circ} 18$
 - Portata : lt/1' 2
 - Pressione dell'utilizzatore : bar
 - In ciclo chiuso Dp apparecchio : mt. c.a.
 - Durezza acqua : F°
- 18) PRESA ACQUA DI RAFFREDDAMENTO :n. 1 CONTEMP. %
- 20) PRESA DI ACQUA DEMINERALIZZATA :n. 1
- 21) PRESA ARIA COMPRESSA :n. 2
- 22) PRESA DI ARIA COMPRESSA DEUMIDIFICATA :n. 1
- 28) ASPIRAZIONE POLVERI CENTRALIZZATO
- 29) COPERTURA ANTINCENDIO DI PIANO A MANICHETTE
- 32) IMPIANTO INTEGRATIVO TIPO :F

Appendice 4 Schemi di principio degli impianti a servizio del locale IASF-Bologna Camera Pulita

Layout meccanici

- ❖ condizionamento, riscaldamento ed estrazione (trattamento aria v piano/ 036)
- ❖ idrico sanitario (disegno 032)
- ❖ gas tecnici e antincendio (disegno 022)

Elettrici

(disegno 613) i muri hanno una griglia di rame vedi disegno Ts613-lb_

La camera bianca è attrezzata con protezione ESD e rivestimento conduttivo con maglia di piattina di rame. ATESP4 (disegno).

Controllare il numero delle lampade.

Area bianca (locale 614)	43mq
Volume 614	150mc
Area grigia (locale 613)	4.5mq
Volume 613	16mc
Aria esterna (Rinnovi) (750mc/h)	5v/h
Temperatura	23
Umidità	50%
Persone	1/10mq