

I.N.F.N. - Sezione di Milano

Consiglio di Sezione

13 Luglio 2022

**Servizio di
Progettazione e
Officina Meccanica**

Simone Coelli

PERSONALE AFFERENTE AL SERVIZIO

Servizio di Progettazione e Officina Meccanica

Simone Coelli (Coordinatore)

Andrea Capsoni

Mauro Monti

Daniele Viganò

Ennio Viscione

Luciano Manara

NOTE SINTETICHE ATTIVITA'

Collaborazioni principali:

- Gr1 ATLAS DETECTOR (PIXEL TRACKER)
- Gr1 LHCb DETECTOR (UT TRACKER)
- Gr3 GAMMA (AGATA EXPERIMENT)

Il Servizio Meccanico ha risposto a tutte le richieste fatte e a tutte le urgenze, alcune dovute alla ripresa delle attività con varie accelerazioni nell'installazione per es.

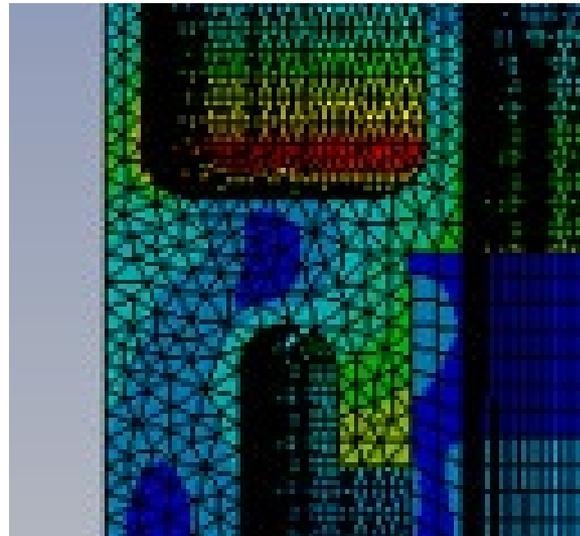
Integrazione in sede e installazione/qualifica/test del sistema CO₂ cooling per UT al Cern (taglia 5 kW tot @-35°C, primo utilizzo di serpentine integrate nel supporto e orifizi calibrati per la distribuzione, Ti)

Completamento progetto camera reazione e strutture per AGATA @LNL

Supporto ai montaggi rivelatori in camera pulita e labs. (LHCb e ATLAS)

Montaggio e qualifica prototipo CO₂ cooling per Atlas Pixel Outer Endcap (taglia 3kW/half-shell @-40°C, Ti)

Progettazione F.E.A. Analisi con il metodo degli Elementi Finiti

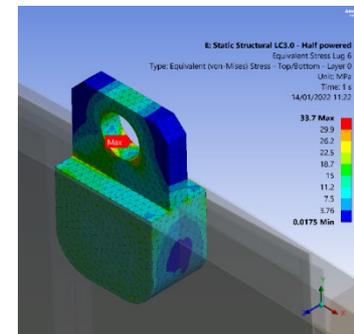
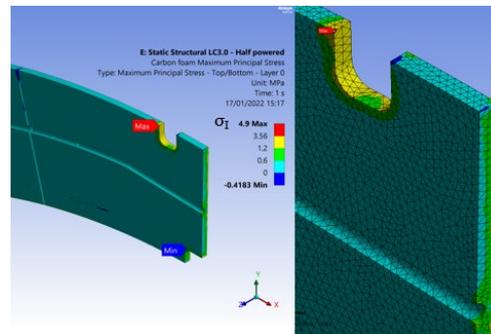
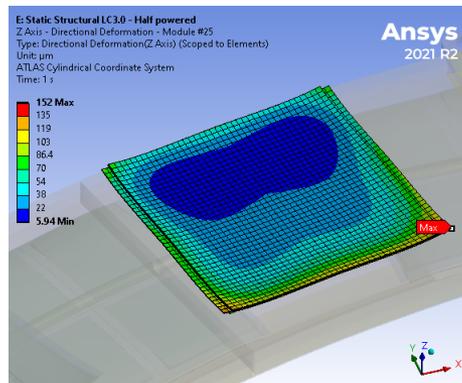
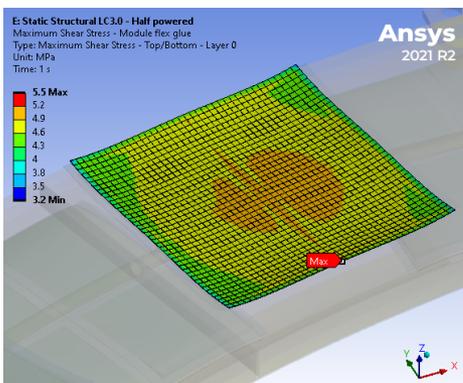
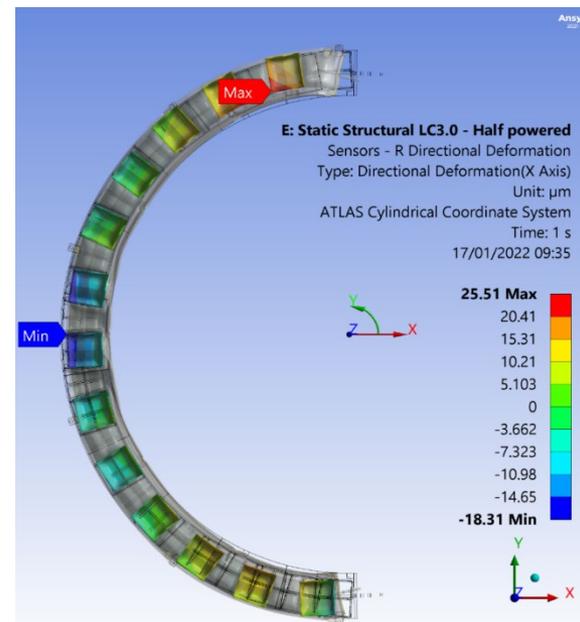


FEA termica e termo-meccanica – Local Support di ITk Pixel Outer Endcap

A completamento della serie di analisi ad elementi finiti eseguite a Milano nel 2021, per la verifica dei requisiti termici e meccanici degli **Half Ring (L2, L3, L4)**, portata a compimento con la qualifica degli stessi (Bare Local Support FDR, ottobre 2021), **ulteriori analisi sono state richieste dalla Collaborazione in vista del Loaded Local Support FDR** (novembre 2022).

Per la verifica strutturale in condizioni di guasto:

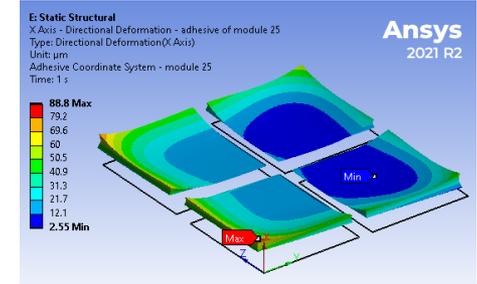
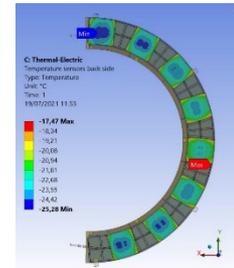
- **Analisi termo-meccanica del L4 Half Ring con moduli alimentati su un solo lato** (per guasto delle connessioni dei servizi type-1), finalizzata allo studio delle deformazioni e della resistenza strutturale di alcuni componenti.
- **Analisi termo-meccanica del L4 Half Ring sottoposto a raffreddamento fino a -55°C** (guasto del sistema di cooling).



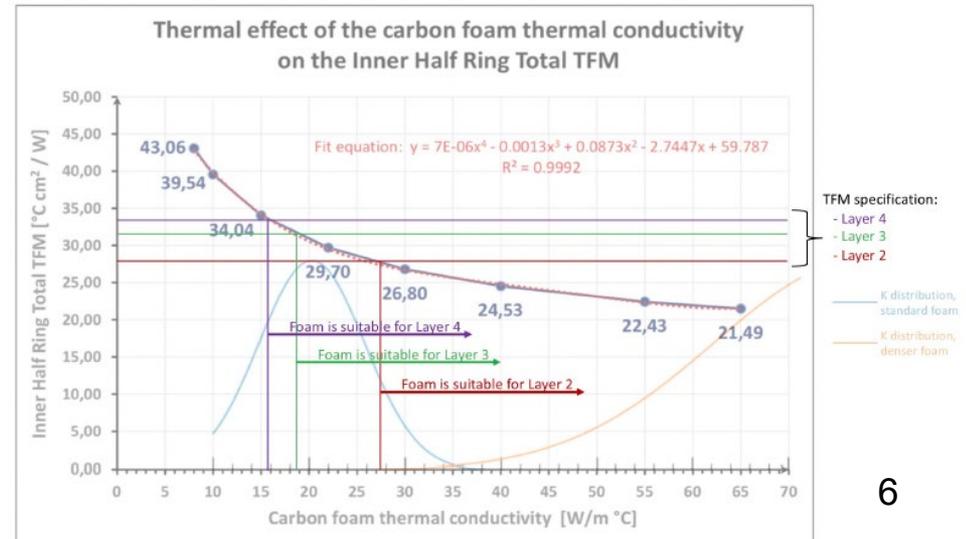
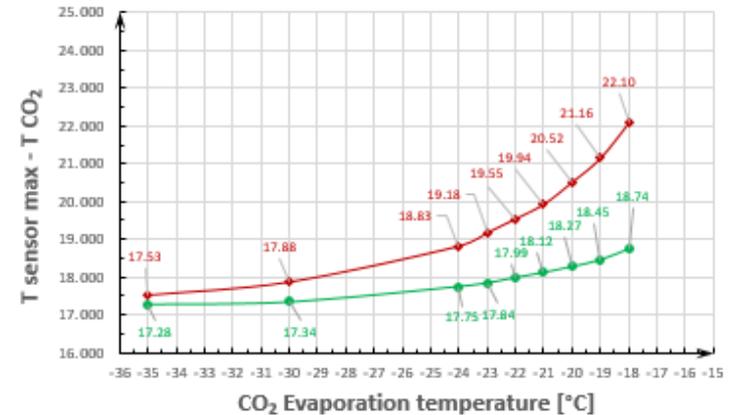
FEA termica e termo-meccanica – Local Support di ITk Pixel Outer Endcap

Analisi richieste per la verifica di scelte progettuali:

- **Analisi termo-meccanica finalizzata allo studio dello stress del layer adesivo dei moduli (SE4445 not irradiated).**
- **Analisi termo-meccanica del L4 Half Ring, per la verifica meccanica di diversi adesivi del bustape (in collaborazione con INFN Genova).**
- **Analisi termo-meccanica del L4 Half Ring, con condizioni di vincolo implementate, per riprodurre la soluzione adottata nel collegamento all'Half Cylinder Shell dell'Outer Endcap (verifica dei requisiti di stabilità dimensionale).**
- **Analisi termo-elettrica finale del L2 Half Ring, dopo la revisione delle potenze dissipate nei Front-End (end-of-life performance, thermal runaway behaviour).**



CASE 2 - Thermal runaway behaviour

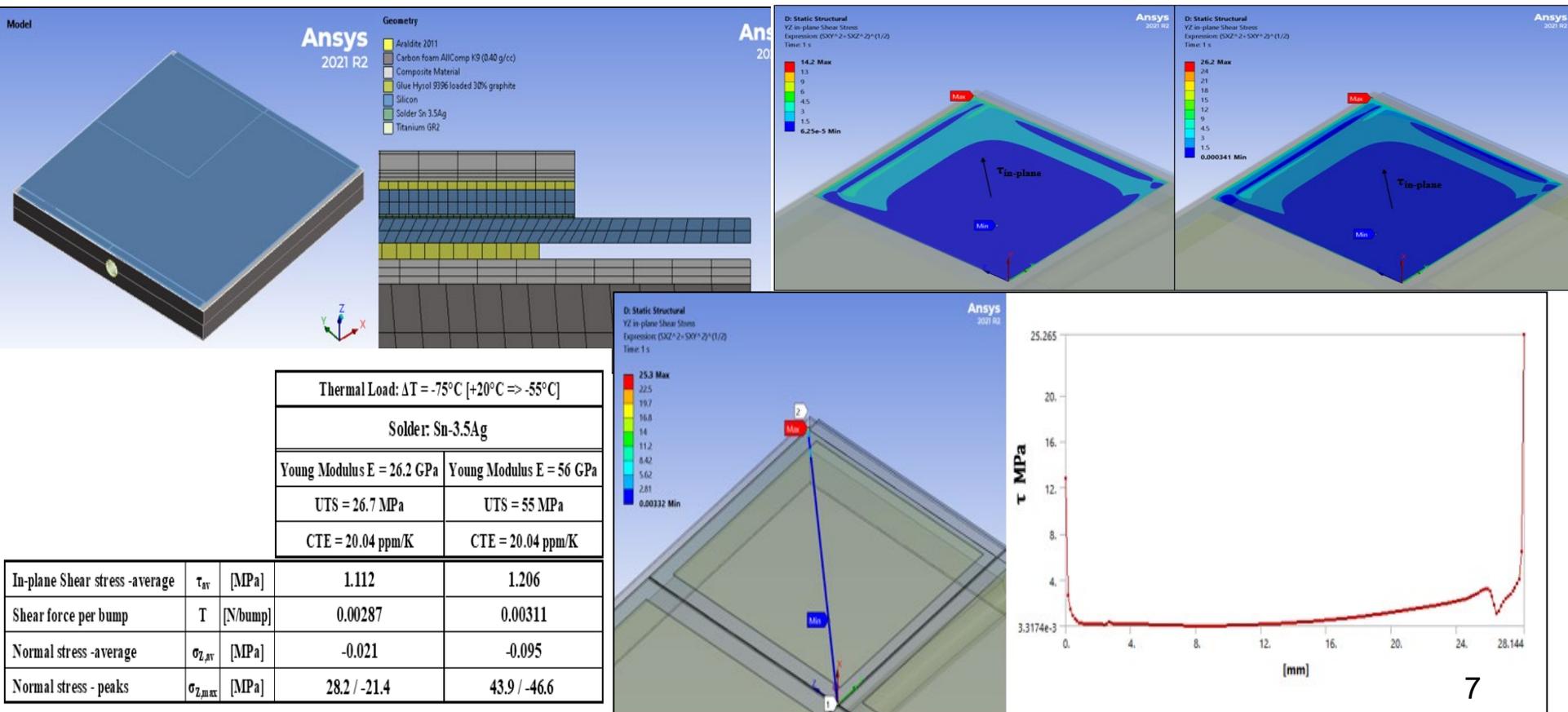


FEA termo-meccanica bump bonding - ITkPix quad module di ATLAS

Analisi ad elementi finiti finalizzata allo studio degli stress nel bump layer di Sn-3.5Ag dell'ITkPix quad module, incollato su local support del Pixel Outer Endcap, e sottoposto a raffreddamento da +20°C a -55°C.

Lo studio è stato eseguito in collaborazione con la **Pixel Module Task Force** e presentato nel **Pixel Module FDR** di maggio-giugno 2022.

Lo studio è stato inserito nel **Report on the Bumps stress in the ITk Pixel detector** in pubblicazione.



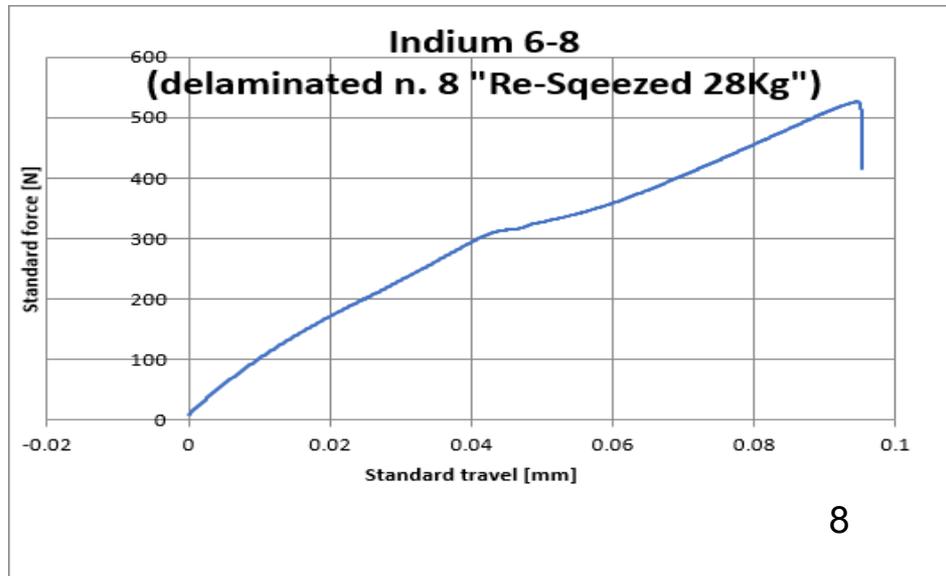
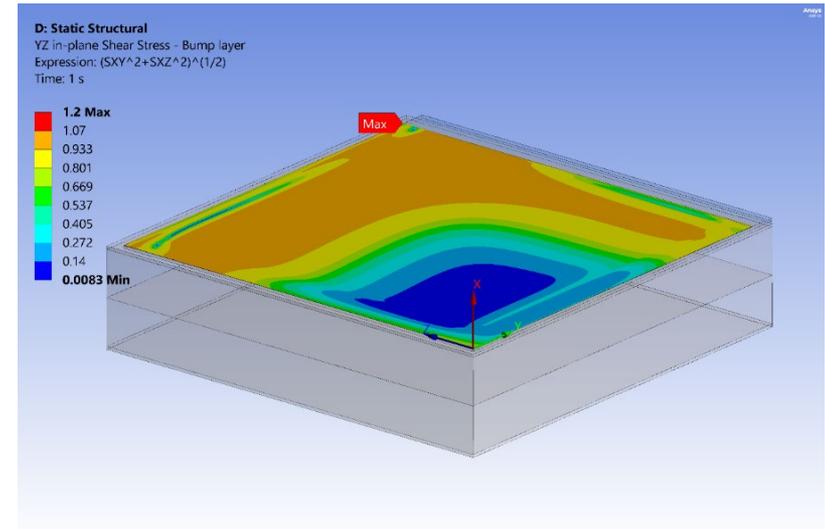
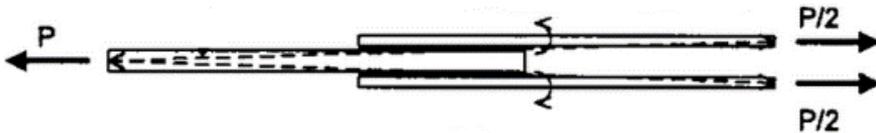
FEA termo-meccanica Indium Bump Bonding- ITkPix quad module di ATLAS

Analisi ad elementi finiti termo-meccanica finalizzata alla verifica di resistenza meccanica dell'Indium bump bonding.

Attualmente in corso, si basa sul confronto dei risultati FEA con i risultati di test sperimentali eseguiti al CERN su prototipi (double lap shear test).

Nel primo step dell'analisi, la forza minima di cedimento per singolo bump (shear force), misurata sperimentalmente, è stata confrontata con il valore calcolato dalla FEA per il raffreddamento del modulo da +20°C a -55°C.

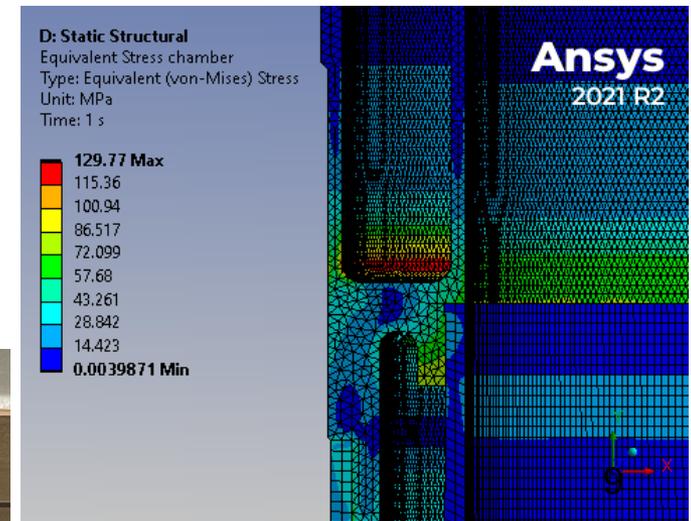
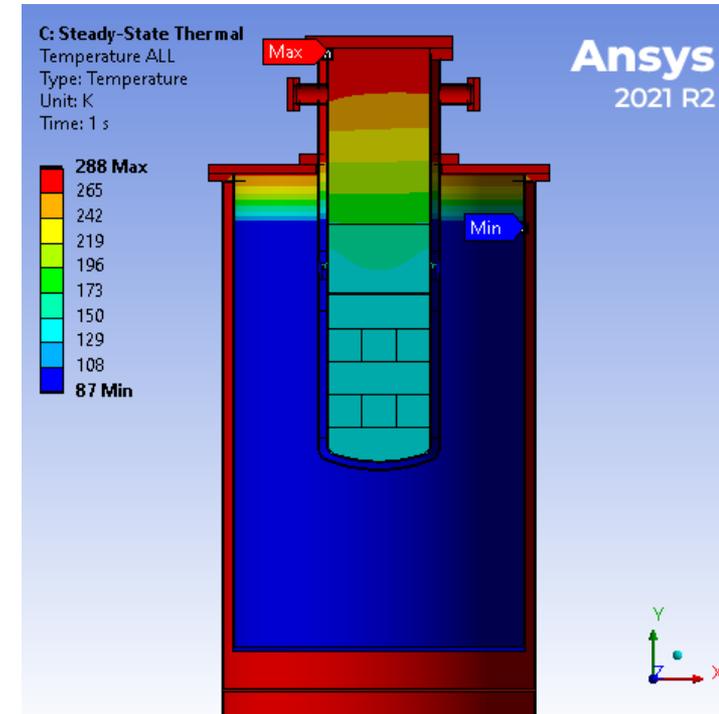
E' prevista un'ulteriore implementazione del modello per eseguire analisi sulla geometria reale dei bump.



FEA termo-meccanica e test meccanici – Esperimento ASTAROTH

Analisi ad elementi finiti termica e termo-meccanica del dewar criogenico dell'esperimento ASTAROTH, finalizzate a:

- **Calcolo del campo di temperatura in condizioni di funzionamento**, con bagno di argon liquido a 87 K controllato con heater interno al dewar, e verifica del requisito di uniforme temperatura sui cristalli scintillatori di NaI.
- **Verifica strutturale del contenitore primario**, eseguita inserendo in ANSYS i valori del modulo di Young e la curva stress-strain (fino a rottura) ricavati dai provini in rame OFHC ricotto, sottoposti a prova di trazione criogenica (77K) al LASA.
- **Verifica di resistenza della saldobrasatura rame–AISI 316L con prove di flessione criogeniche+verifica FEA.**





Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Milano

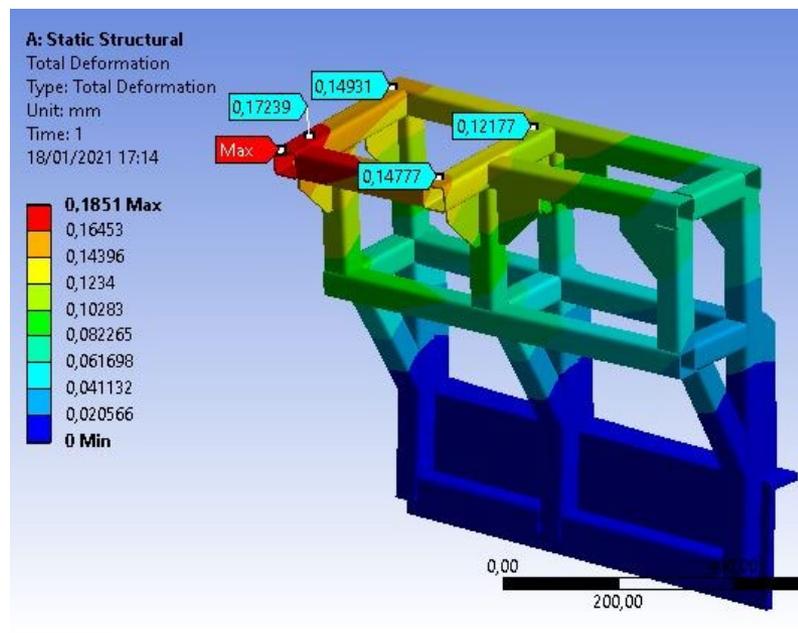
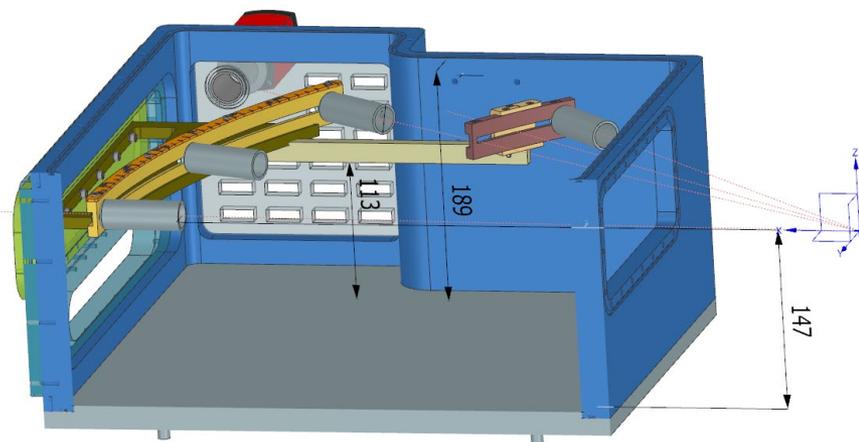
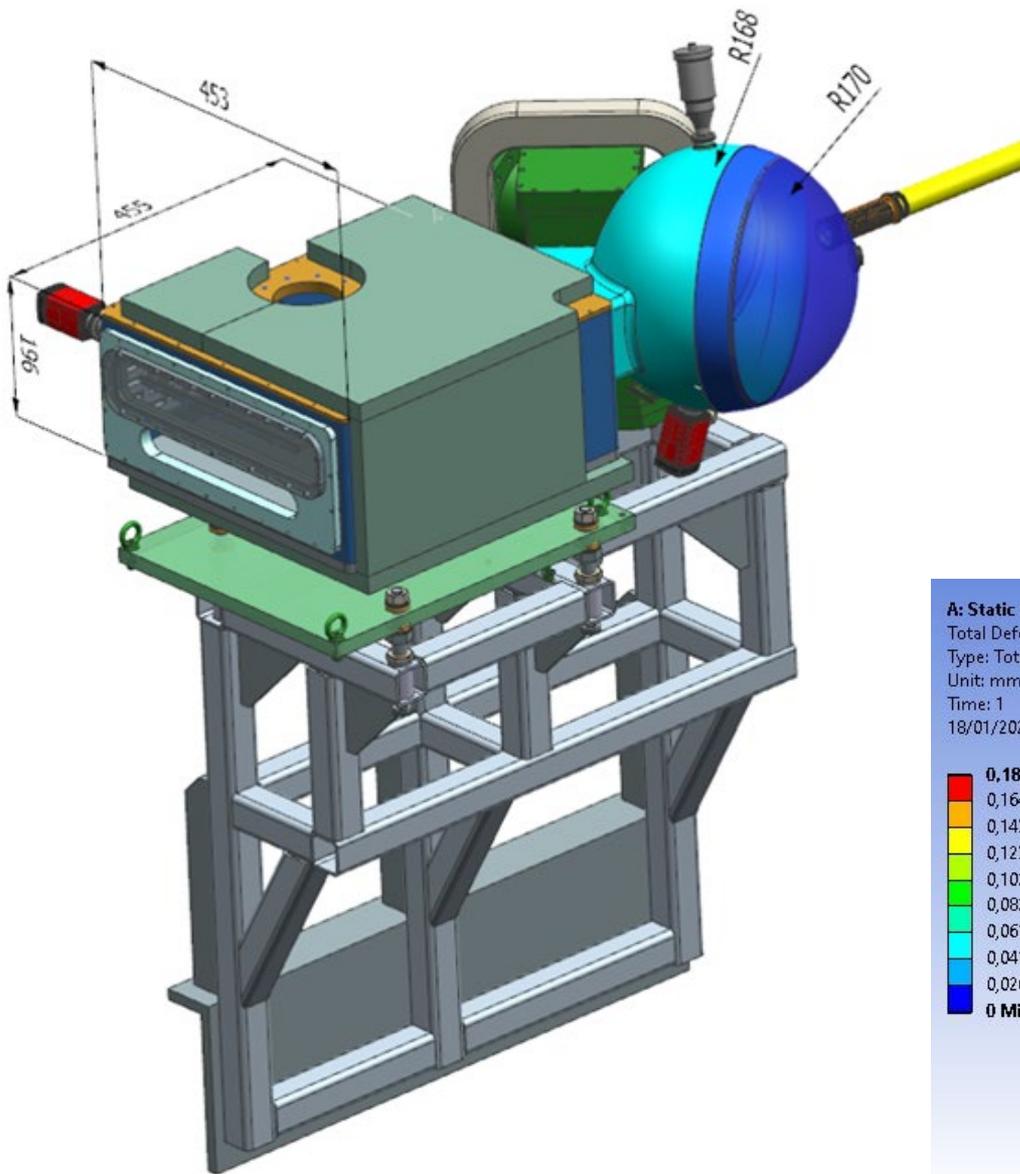
Servizio di Progettazione e Officina Meccanica

Documento Numero	Data di emissione	Numero pagine	Revisione Numero
INFN-MI-AST-20.02.002	15/07/2020	31	0

**Analisi termica e meccanica
con il metodo degli elementi finiti
del Dewar criogenico
dell'esperimento ASTAROTH
mediante ANSYS software**

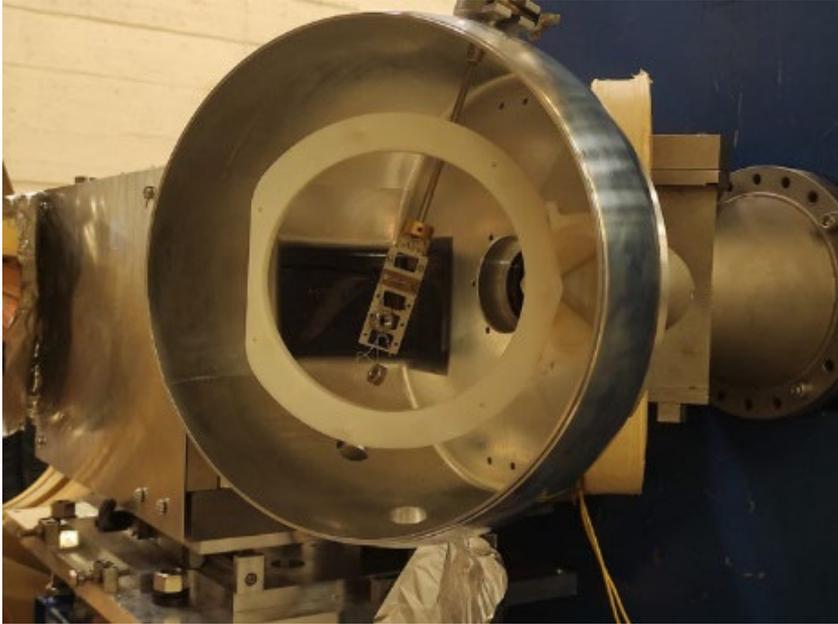
Scritto da:	Controllato da:	Approvato da:
Mauro Monti – INFN Milano mauro.monti@mi.infn.it	Simone Coelli – INFN Milano simone.coelli@mi.infn.it	Davide D'Angelo davide.dangelo@mi.infn.it Andrea Zani andrea.zani@mi.infn.it

CAMERA REAZIONE AGATA + SUPPORTO + SCHERMATURA





AGATA, γ -ray tracking array



Scattering chamber Outer radius 170 mm
Thickness 2 mm

3 removable shells help covering
angles btw ~ 7 - 88 deg
Each shell can slide ± 13 deg
from central position

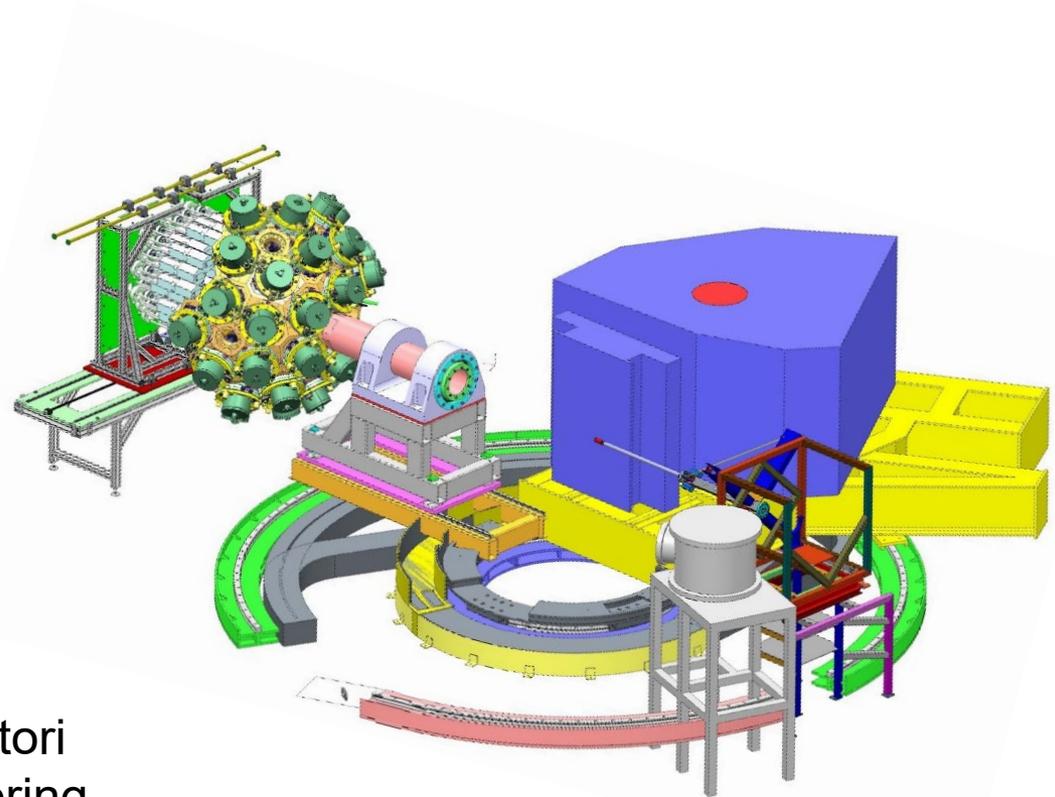
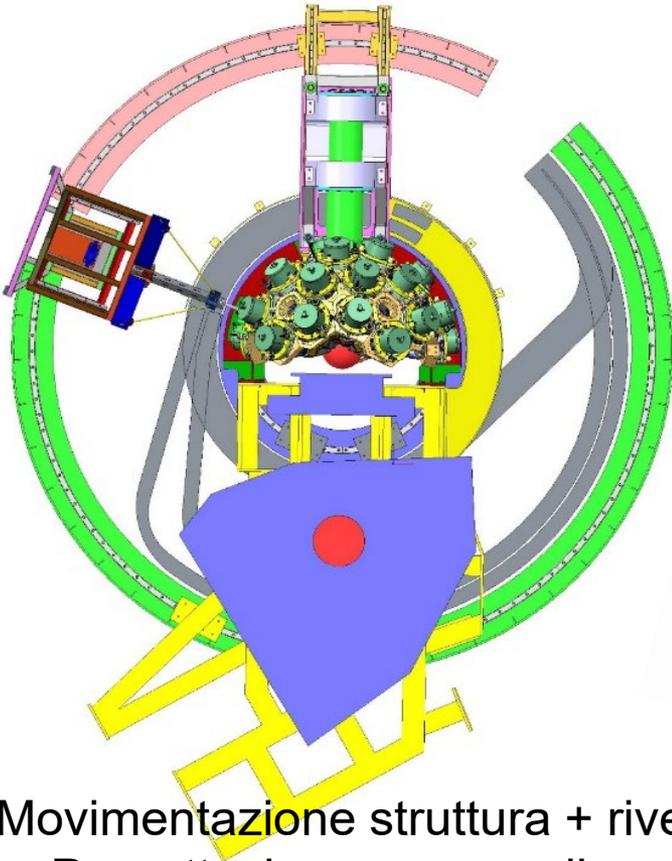
Installata e collaudata,
requirements perfettamente raggiunti

AGATA, γ -ray tracking array

I° Setup 2022-2023

II° Setup 2024-2025

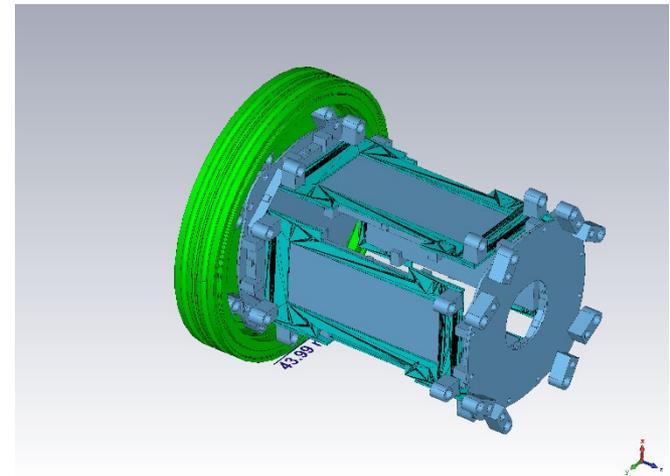
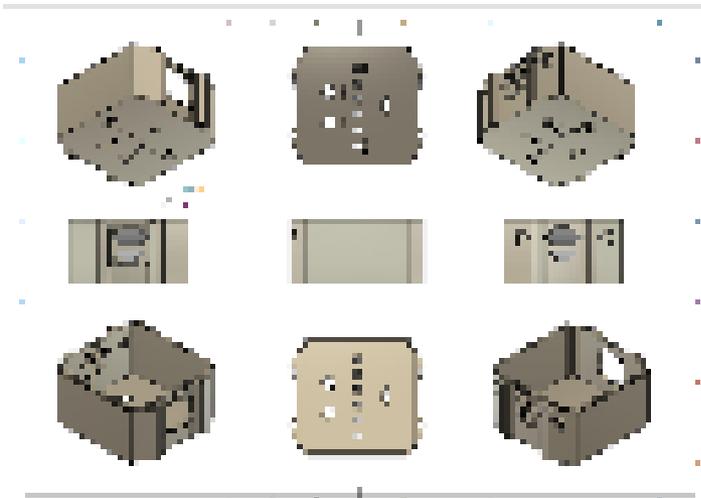
Coupling with PRISMA



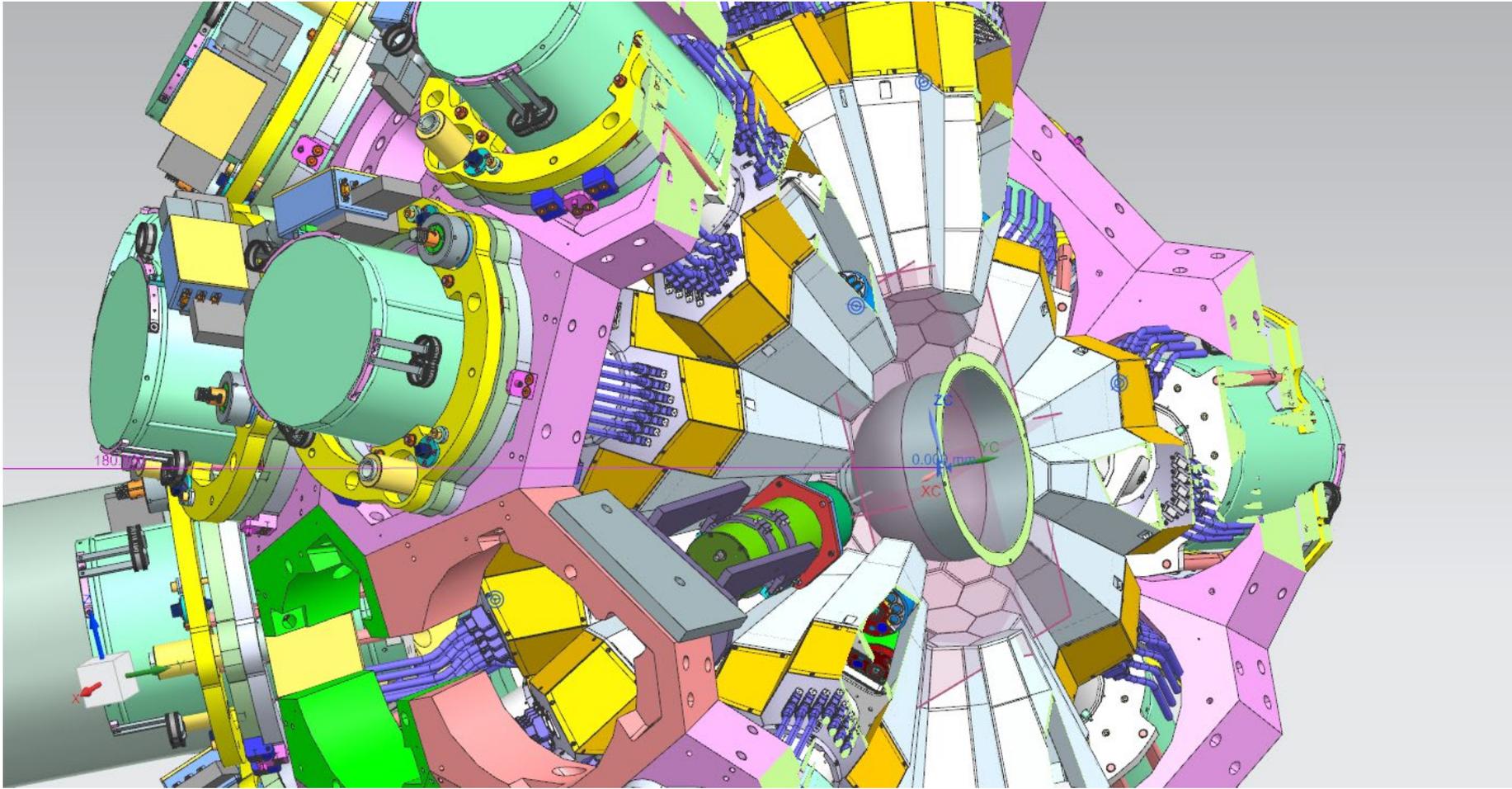
Movimentazione struttura + rivelatori

- Progettazione camera di scattering
- Progettazione beamdump
- Struttura di supporto

Configuration at 0°



Camera di scattering per fase II

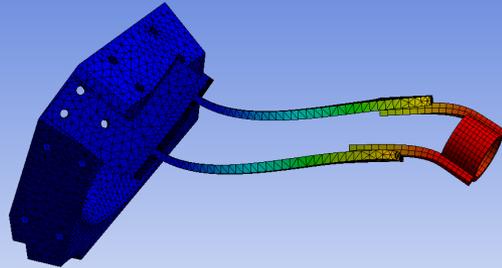


Studio camera di scattering con spessore uniforme nella porzione di angolo solido esposta ai rivelatori

Supporti rivelatori al bromuro di lantanio (LaBr)

A: Static Structural X
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1 s
12/07/2022 13:47

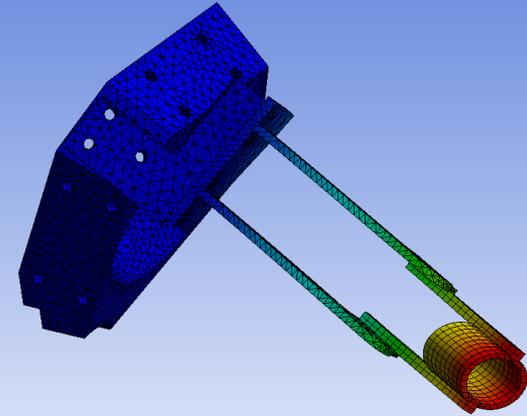
0.163788 Max
0.145538
0.127316
0.109188
0.090867
0.072549
0.054192
0.035815
0.017437
0 Min



Ans
202

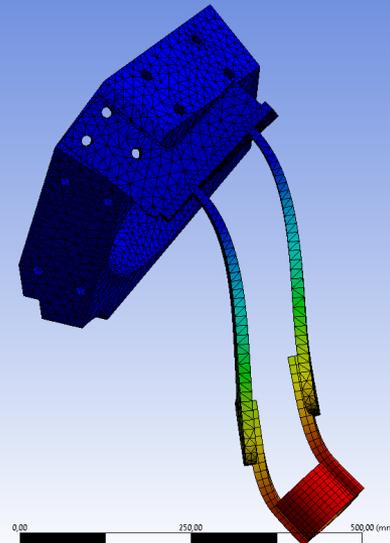
B: Static Structural Y
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1 s
12/07/2022 13:47

0.39993 Max
0.35454
0.31057
0.2662
0.22184
0.17747
0.1331
0.088734
0.044367
0 Min



C: Static Structural Z
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1 s
12/07/2022 13:47

0.19732 Max
0.17539
0.15347
0.13155
0.10962
0.087697
0.065773
0.043849
0.021924
0 Min



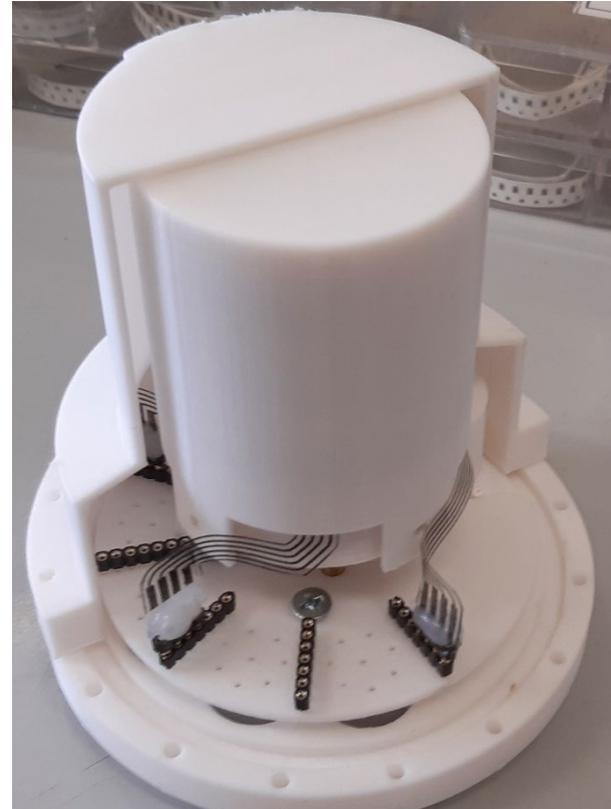
Calcolo ad elementi finiti nelle varie configurazioni per verifica delle deformazioni.

Ansys
2021 R2

Ansys
2021 R2

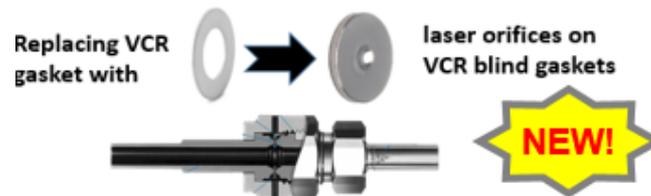
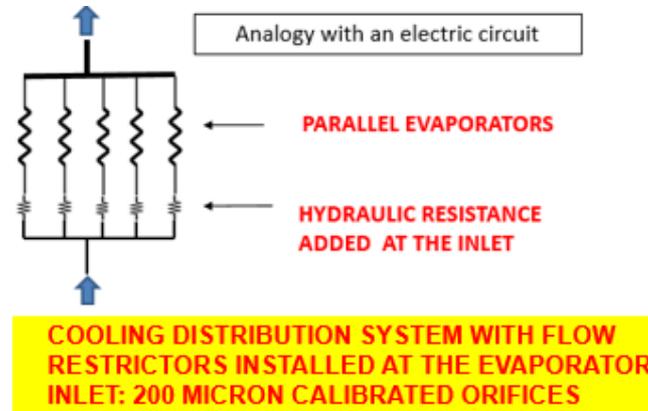
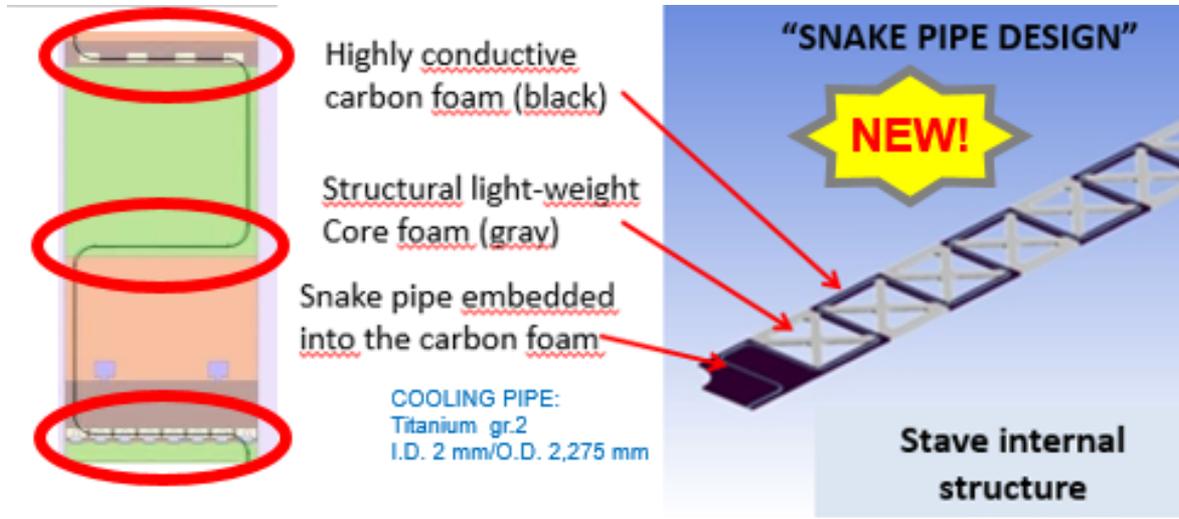
N3G

Supporto progettazione alloggiamento meccanico di nuovi rivelatori al Germanio HPGe segmentati.



Analisi brevetti precedenti e stesura accordi di riservatezza

sistema di CO2 cooling per il rivelatore LHCb UT



HALF-DETECTOR
COOLING DISTRIBUTOR TOP MANIFOLD

BY-PASS LINE



COOLING CONNECTOR PIPES
S.S. I.D.= 2mm

COOLING EXHAUST COLLECTOR BOTTOM MANIFOLD

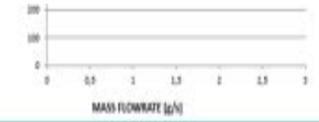


BOILING CO₂ FLOW

WORK IN PROGRESS:
DETECTOR INTEGRATION & SYSTEM COMMISSIONING

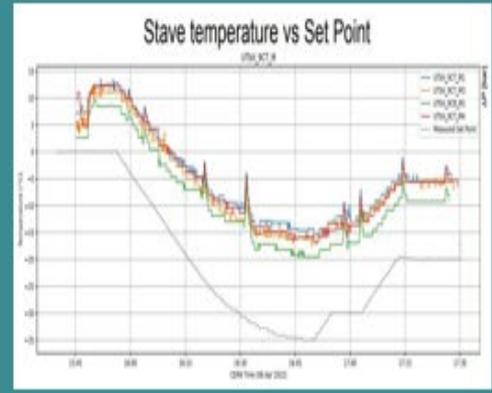
- UT cooling system is working within expected parameters range.
- Thermo-hydraulic behaviour is under control.
- Commissioning in progress. Further test is planned with multiple staves

Hole: FLOW RESTRICTOR



COMMISSIONING MEASUREMENTS, MAY 2022

- LUKASZ cooling unit
- «A» TYPE lateral stave installed
- Characterization from +15/ -35° C set-point
- Stability studies



EDMS: 2693340
S. Coelli, H. Wu

UT bypass stays open for a large TOTAL flow rate

Closing UT bypass

~STEADY-STATE MEASUREMENT POINT

ΔP increases

Flow rate

Inlet temperature inc

Set Point = -20, stave off

UT HYDRAULIC CHARACTERIZATION "A" STAVE
CO₂ Set-point = -20°C
T_{inlet} STAVE POWER = 14.8

Subcool = $T_{sat}(P) - T$

UT bypass fully closed and flow rate represents flow in stave

Inlet temp continues increasing and eventually CO₂ will start boiling

L'integrazione del sistema di CO2 cooling per il rivelatore LHCb UT



ATLAS «OUTER PIXEL ENDCAP» COOLING SYSTEM

SALDATURE PER HALF-RINGS

LAYER-2 = INNER: 50U/2 ≈ 25U = ~50 TIG

LAYER-3 = MIDDLE: no

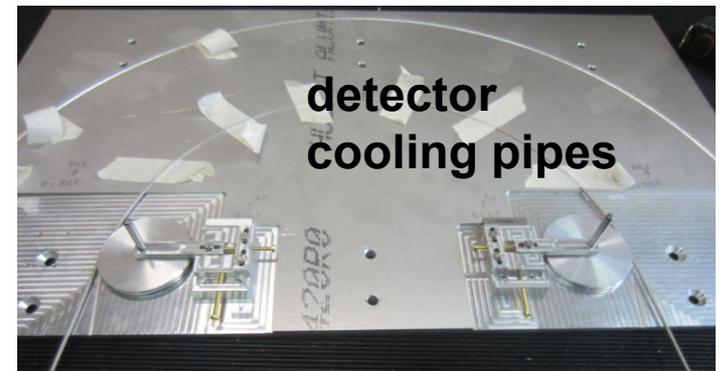
LAYER-4 = OUTER: ~50U ~100 TIG

half ring:

44 in L2

32 in L3

36 in L4



SALDATURE PER LINEE DISTRIBUZIONE CO2 TUBI «TYPE-1»

LAYER-2 = INNER: 4 assemblati (11 tubi) = ~33*4 = ~132 TIG

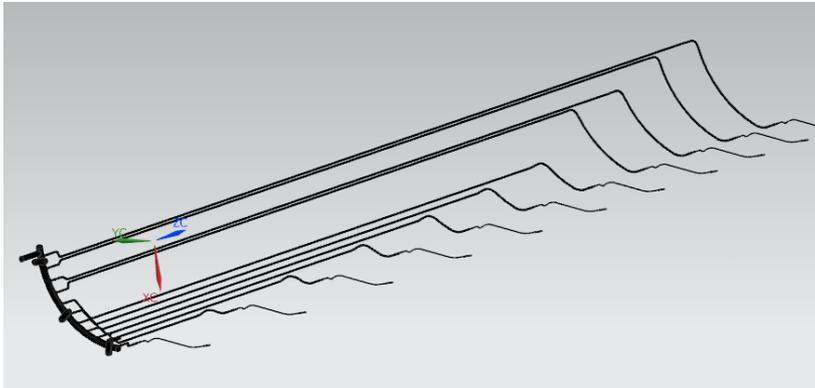
LAYER-3 = MIDDLE: 4 assemblati (8 tubi) = ~24*4 = ~96 TIG

LAYER-4 = OUTER: 4 assemblati (9 tubi) = 27*4 = ~108 TIG

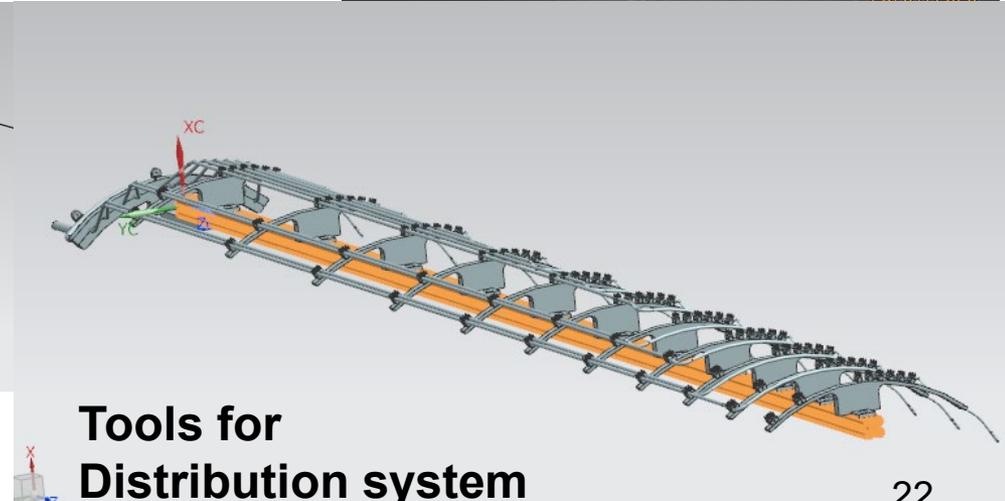
TOT ~500 TIG

+TOKENS E SETUP

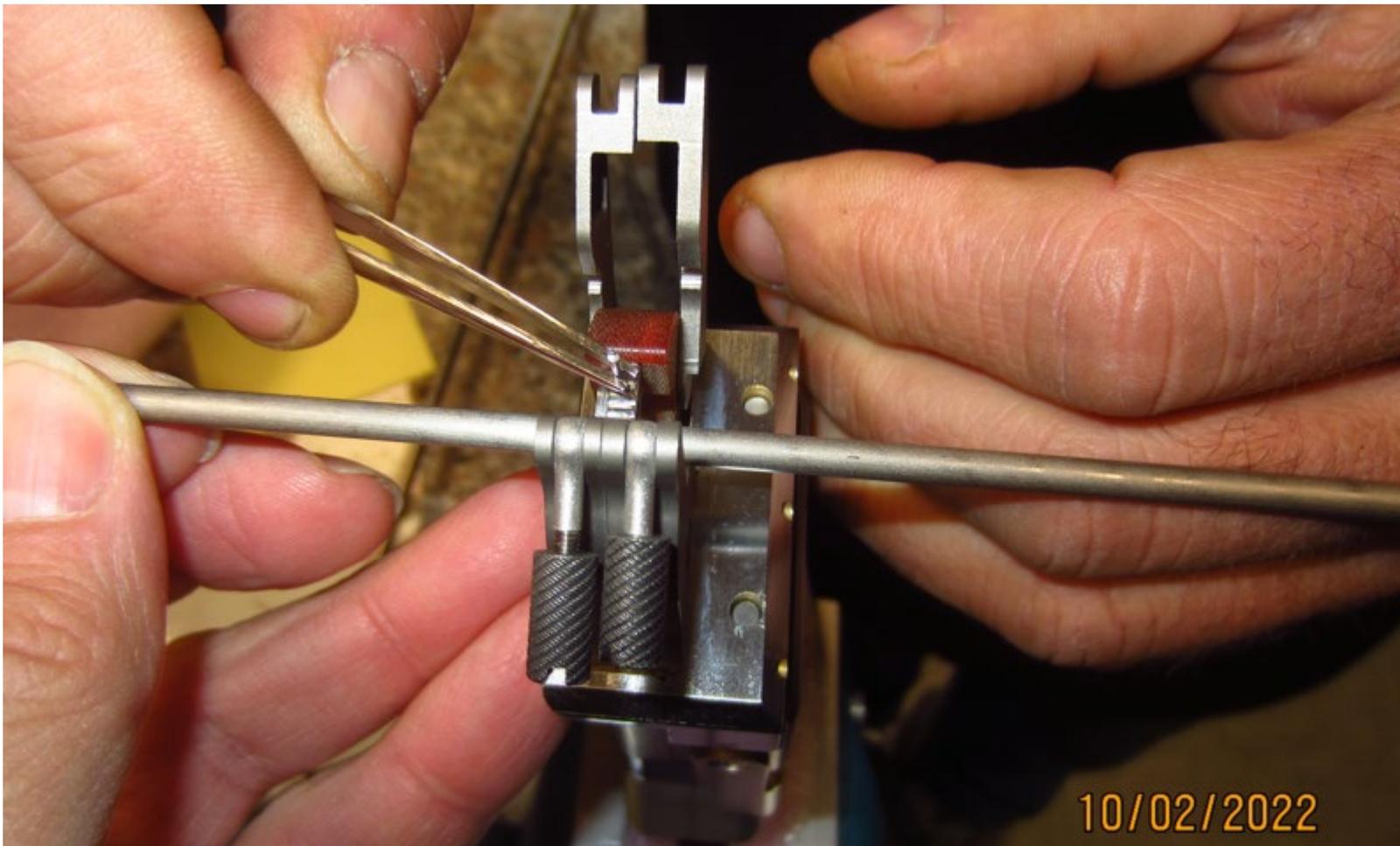
TUTTI TESTATI: He leak-rate + 162bar pressure test + He leak-rate



**Cooling pipes
Distribution system**

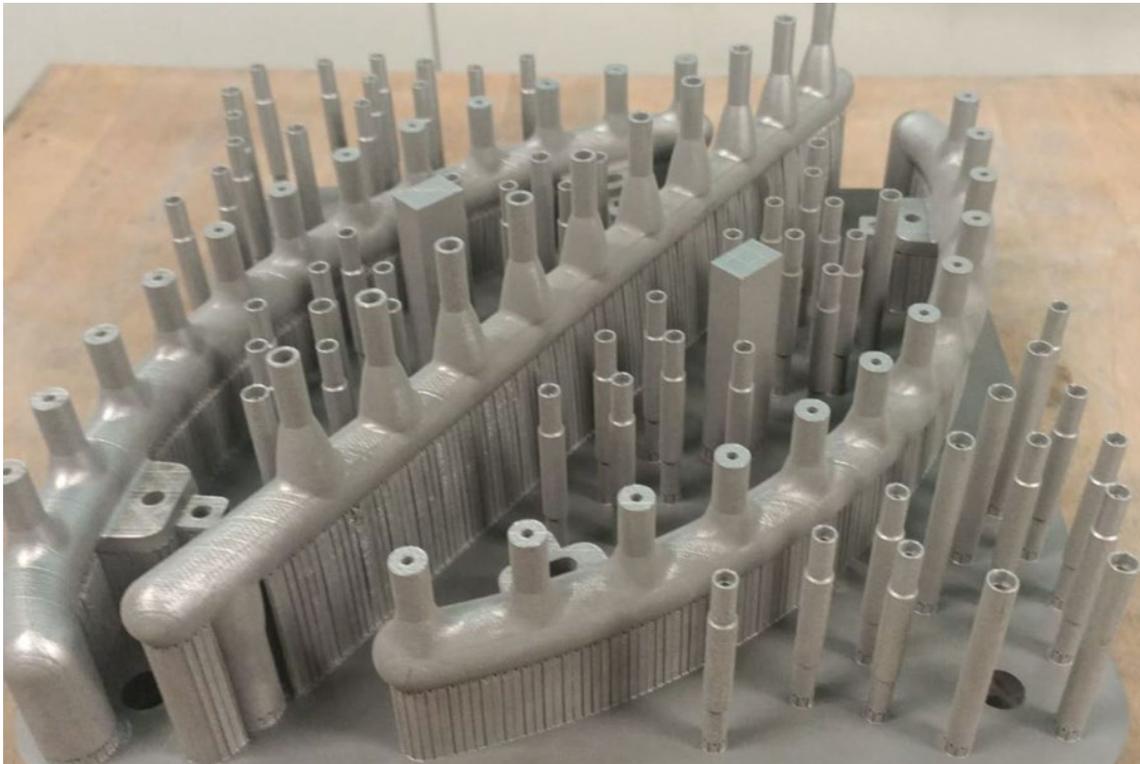
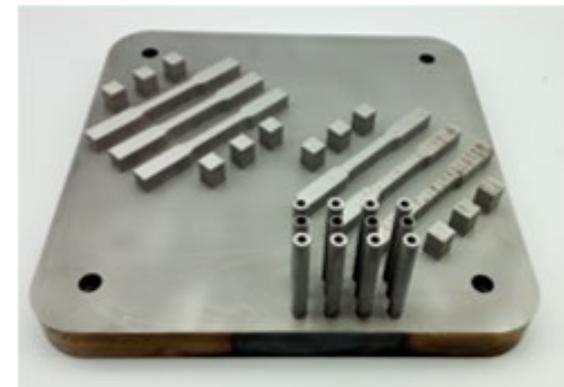


**Tools for
Distribution system**





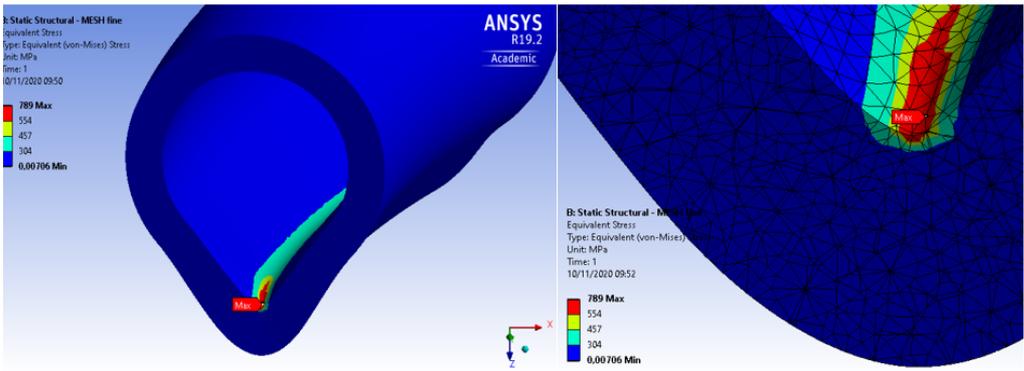
LAMA FVG



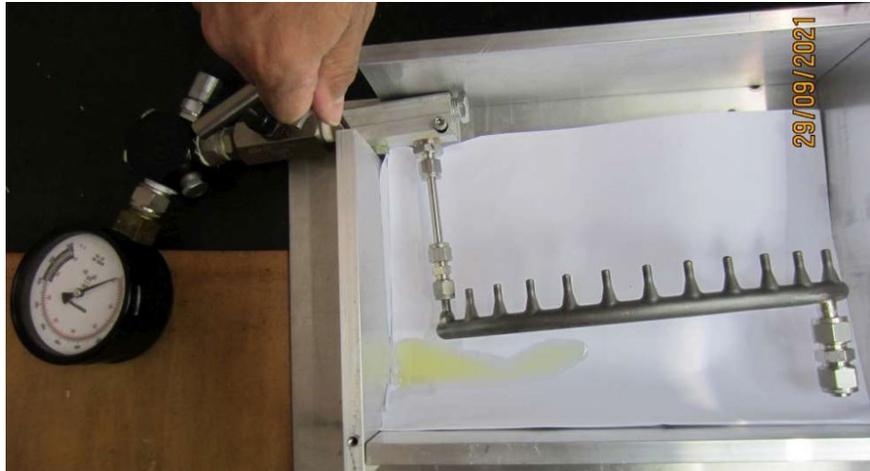
INFN Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Sezione di Milano

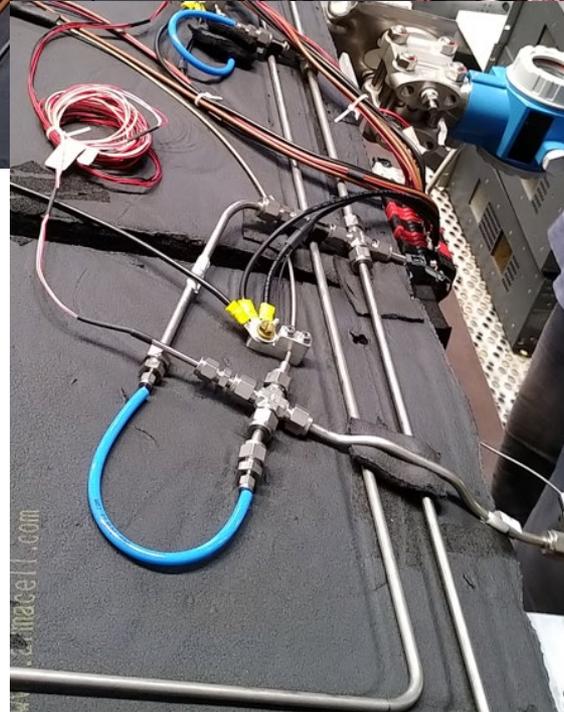
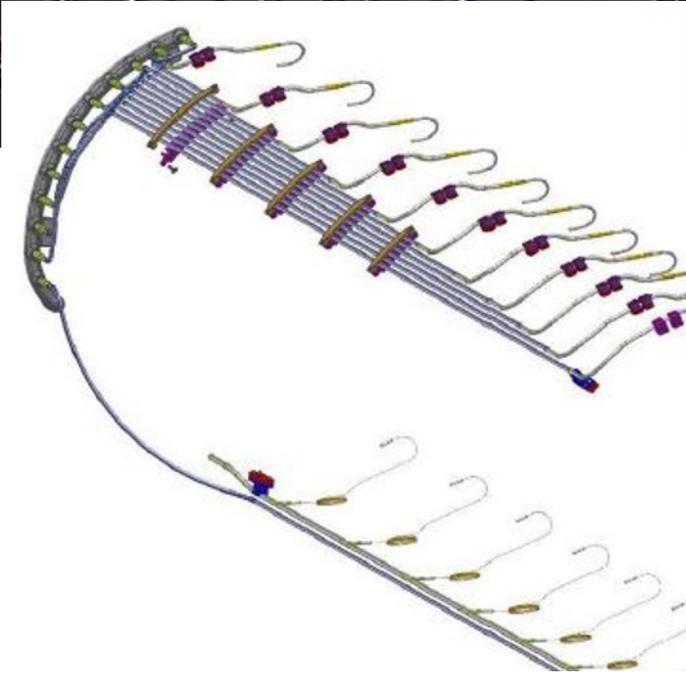
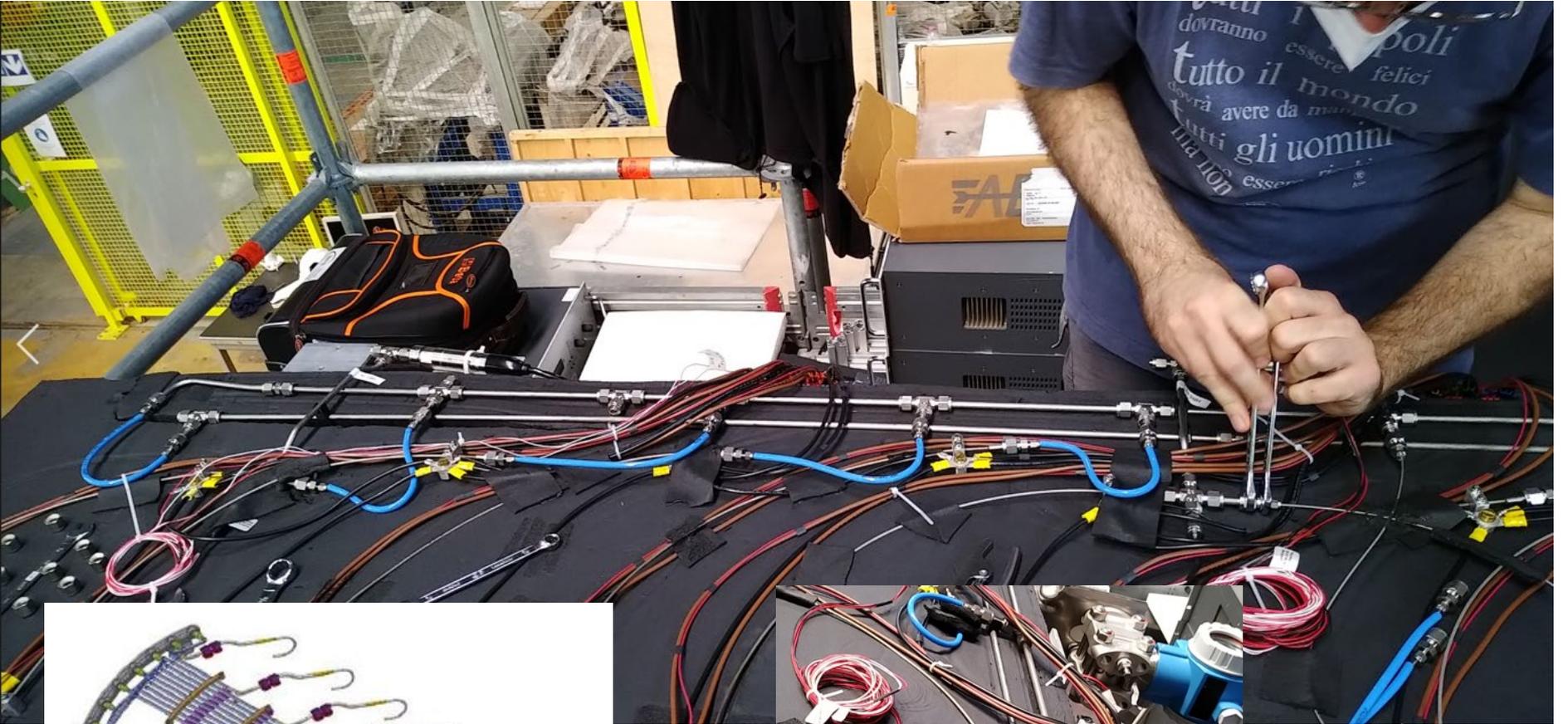
FEA RESULT: VON MISES STRESS

MODEL WITH FINE MESH (16 MILLION OF NODES) - **FILLET RADIUS 1 mm**



The shape of the cross section and the small inner fillet radius lead to stress concentration.

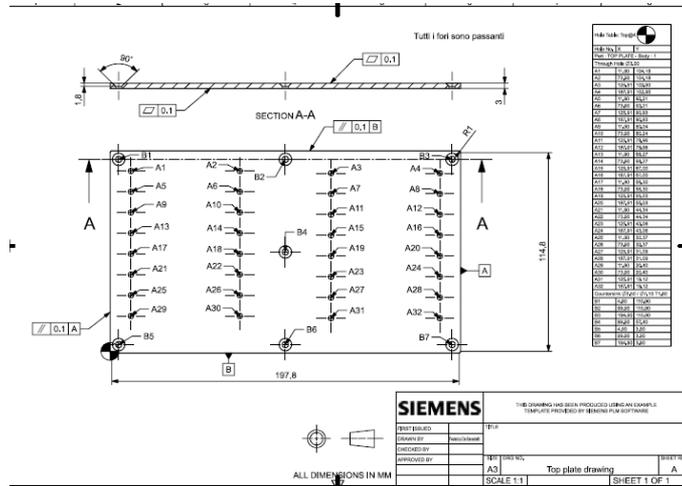




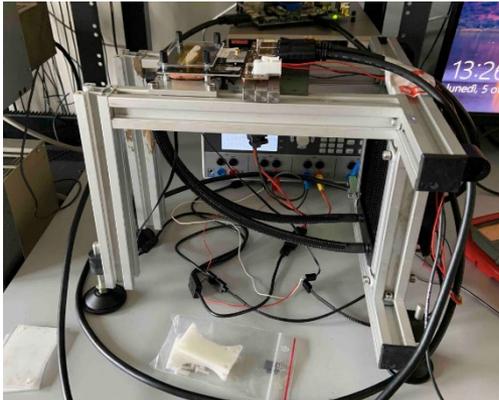


SUPPORTO AI MONTAGGI IN CAMERA PULITA

PER MONTAGGIO MODULI LHCb



PER TEST MODULI ATLAS



Corsi di formazione

Finanziati:

ORGANIZZAZIONE CORSO NAZIONALE IN SEDE MILANO
ANSYS NON LINEARITA' (UTENTI ESPERTI)

Corso di formazione per l'utilizzo della saldatrice orbitale Polysoude, nell'ambito della realizzazione del sistema di raffreddamento a CO2 del rivelatore di ATLAS ITk (Pixel Outer EndCaps)

Proposte allo studio:

APPROFONDIMENTO METROLOGIA MECCANICA E MISURE
DI IMPIANTO (T, P, etc)

Sarebbe utile riproporre TECNOLOGIA DEL VUOTO

PROPOSTE PER MIGLIORAMENTI DEL SERVIZIO

Reparto Macchine Utensili

Fresatrici Controllo Numerico Continuo

- ✓ Centro di lavoro Fidia: computer di bordo sostituito
- ✓ Fresatrici CNC Rambaudi e Tiger: messe in sicurezza con schermature

Da fare:

Riparazione del Tastatore millesimale Rupac

Laboratorio

Causa definitivo fuori servizio cercafughe Leybold UL300:

Si propone acquisizione di un nuovo cercafughe: individuato modello adatto

intorno 18k€ (utilizzatori principali sono Gr1, Gr3 e Dir)

Problematiche da risolvere

Ventilconvettori area officina: sostituiti circa la metà, dovrebbero finire la sostituzione.

Pulizia generale delle aree di lavoro, in particolare area macchine: per motivi igienici, per la delicatezza delle operazioni che richiedono una migliore pulizia: indispensabile porre rimedio!

Previsione Attività per il Servizio di Progettazione e di Officina Meccanica

Disponibilità:

- **Simone Coelli** (PRIMO TECNOLOGO, 100%)
- **Luciano Manara** (TECNOLOGO, 100%)
- **Andrea Capsoni** (CTER, 12 mesi*uomo)
- **Mauro Monti** (CTER, 12 mesi*uomo)
- **Daniele Viganò** (CTER, 12 mesi*uomo)
- **Ennio Viscione** (CTER, 12 mesi*uomo)

Richieste pervenute finora

GR1

ATLAS

70% Coelli

15 mesi uomo progettazione

15 mesi uomo meccanica

LHCb

10% Coelli

6 mesi uomo meccanica

SELDOM

10% Coelli

GR3

GAMMA AGATA

10% Coelli

50% Manara

12 mesi uomo progettazione

6 mesi uomo meccanica

AGATA-GRIT

1 mesi uomo progettazione

1 mesi uomo meccanica

GAMMA HOUSING LaBr

3 mesi uomo meccanica

b-DS

1 mesi uomo meccanica

CHIRONE

1 mesi uomo meccanica

GR5

N3G

20% Manara

1 mesi uomo progettazione

1 mesi uomo meccanica

ASTAROTH

1 mesi uomo progettazione

0,5 mesi uomo meccanica

BNCT_SPECT

2 mesi uomo meccanica

SIG

3 mesi uomo progettazione

3 mesi uomo meccanica

ETHIOPIA

0,5 mesi uomo meccanica

tot= 73 mesi uomo > 48 (eccesso 25)

Commenti

Le richieste ricevute sono in eccesso rispetto alle potenzialità disponibili.

Dati gli impegni presi all'interno delle Collaborazioni, sarà necessario dare indispensabili priorità.

Siamo comunque flessibili nell'organizzazione e, come dimostrato, in grado di fronteggiare le emergenze e dare il necessario supporto alle attività di installazione nei laboratori.

Intraprendiamo una attività nuova: nel contesto delle saldature orbitali per il sistema di raffreddamento a CO2 di Atlas. Si richiede una fase di studio e ottimizzazione e quindi di concentrazione.

Grazie per l'attenzione.

Back-up slides

RICHIESTE SERVIZI GR5 - 2023

SIGLA	OFFICINA mesi-uomo	PROGETTAZIONE mesi-uomo	I I
ASTAROTH	0.5	1	
N3G	1	1	
SIG	3	2	
BNCT_SPECT	2		
ETHIOPIA	0.5		
RADIOLAB_C3M	0.2		
TOTALE	7.2	4	