

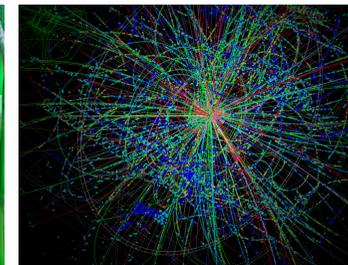
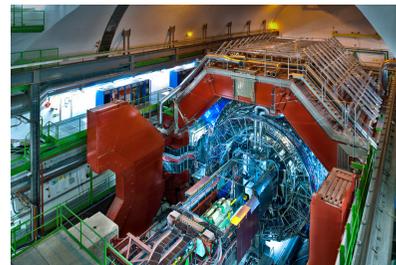
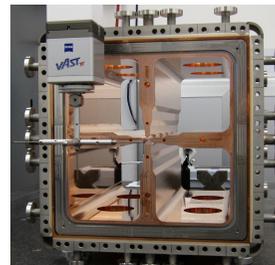
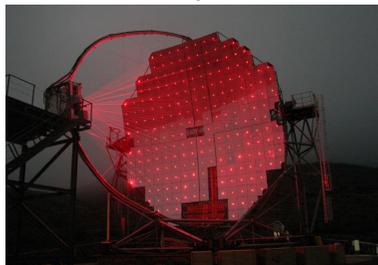
L'interesse per la produzione additiva nell'INFN

ing. Adriano Pepato
Servizio Progettazione Meccanica
INFN- Sezione di Padova

- **INFN Sezione di Padova**
 - **Campo di attività e composizione**
 - **Servizio Progettazione Meccanica (composizione e competenze)**
 - **Officina Meccanica (dotazioni e realizzazioni).**
- **Laboratorio Metrologico (dotazioni e competenze).**
- **Laboratorio Materiali Compositi (dotazioni e realizzazioni).**
- **Tecnologia prove non distruttive (dotazioni e competenze).**
- **Formazione nel settore dell'Ingegneria Meccanica: Tesi di Laurea, PhD, inserimento nel mondo del lavoro.**
- **Interesse per AM (additive manufacturing) per applicazioni in Esperimenti di Fisica o dell'Energia.**
- **Programma di lavoro.**

Progettazione Meccanica, produzione ed installazione di apparati scientifici complessi per Esperimenti di:

- Fisica subnucleare con acceleratori (CMS @LHC-CERN Ginevra, BABAR@ SLAC California, CDF@Fermilab Chicago, ZEUS@Desy Amburgo, etc.);
- Fisica dei neutrini ed astro particellare (Icarus@CERN & LNGS; OPERA@LNGS, Auriga@LNL-Virgo@Pisa, MAGIC I e II telescopes@ Canarie, GLAST telescope@Space, etc.);
- Fisica Nucleare (ALICE@LHC-CERN Ginevra, AGATA@LNL, GASP@LNL, etc.);
- Progetti Speciali a Finanziamento Ministeriale (IFMIF@Rokkasho Giappone);
- Supporto ad Attività di Laboratorio Universitari del Dipartimento di Fisica e di altri Dipartimenti dell'Ateneo Padovano.



Servizio Progettazione Meccanica

- 3 ingegneri con contratto a tempo indeterminato;
- 2 ingegneri con contratto a tempo determinato (Esperimento IFMIF);
- 1 dottorando in Ingegneria Meccanica (Esperimento IFMIF);
- 1 borsista Tecnologo Meccanico (Esperimento IFMIF);
- 4 disegnatori progettisti con contratto a tempo indeterminato.

Servizio Officina Meccanica

- 12 tecnici con contratto a tempo indeterminato INFN;
- 2 tecnici con contratto a tempo indeterminato Dipartimento di Fisica.

Servizio Progettazione Meccanica

- Software di modellazione solida tri-dimensionale CAD: Siemens NX
- Software di modellazione FEM:
 - ANSYS, COMSOL, NASTRAN NX; FLUX3D, ESACOMP

Competenze

Progettazione tramite Modellazione solida 3D degli apparati.

Disegni esecutivi per la produzione (per realizzazione interna ovvero presso aziende esterne a livello nazionale o internazionale).

Controllo di qualità di processo tramite misura tridimensionale con macchina di misura 3D (per punti o a **scansione continua attiva del tipo a contatto*** ovvero **ottica con autofocus****).

Simulazione agli elementi finiti per calcolo strutturale, termo-meccanico, fluido-dinamico, dinamico, materiali compositi, elettrostatico, elettro-magnetico e combinati, etc.

Progettazione simulazione FEM e realizzazione strutture in materiale composito.

* unica CMM con questo tipo di tecnologia presso l'INFN

**unica macchina distribuita in Italia attualmente per la scansione ottica.

Software CAM:

PEPS-3D-5 axis, Siemens NX-3D-5Axis

Hardware (attrezzature rilevanti):

Centro di fresatura OKUMA MILLAC 800VH

cinque assi con campo di lavoro: X=1000, Y=1000, Z=1000 [mm]

Centro di fresatura Bridgeport a

quattro assi con campo di lavoro: X=500, Y=400, Z=400 [mm]

Elettroerosione a filo (EDM)

SODICK AQ750LH X=1000, Y=750, Z=600 [mm] (la prima distribuita in Europa)

SODICK AQ250H, X=500, Y=400, Z=250 [mm] cinque assi

Charmilles Robofil 330 X=400, Y=350, Z=330 [mm]

Tornitura

Tornio Bi-mandrino....



Laboratorio di Metrologia

Le principali richieste di misure metrologiche sono state tradizionalmente legate agli apparati di Vertice degli Esperimenti presso LHC-CERN Ginevra

ALICE SPD (Silicon Pixel Detector).

Johansson Topaz 10; X=750, Y=500, Z=550 [mm], misura per punti;

Dotata di sistema di misura ottico asservito senza auto-focus- risoluzione max. 500X

Mitutoyo Crysta-Plus; X=1200, Y=700, Z=550 [mm], misura per punti con sistema di misura ottico asservito senza auto-focus- risoluzione max 300X;

Sino alla più recente acquisizione per l'Esperimento IFMIF-EVEDA:

ZEISS ACCURA; X=1800, Y=1200, M=1000 [mm] dotata di testa a contatto con scansione attiva VAST XT (risoluzione 2-3 μm) e di testa ottica a scansione attiva VISCAN (risoluzione 10 μm);

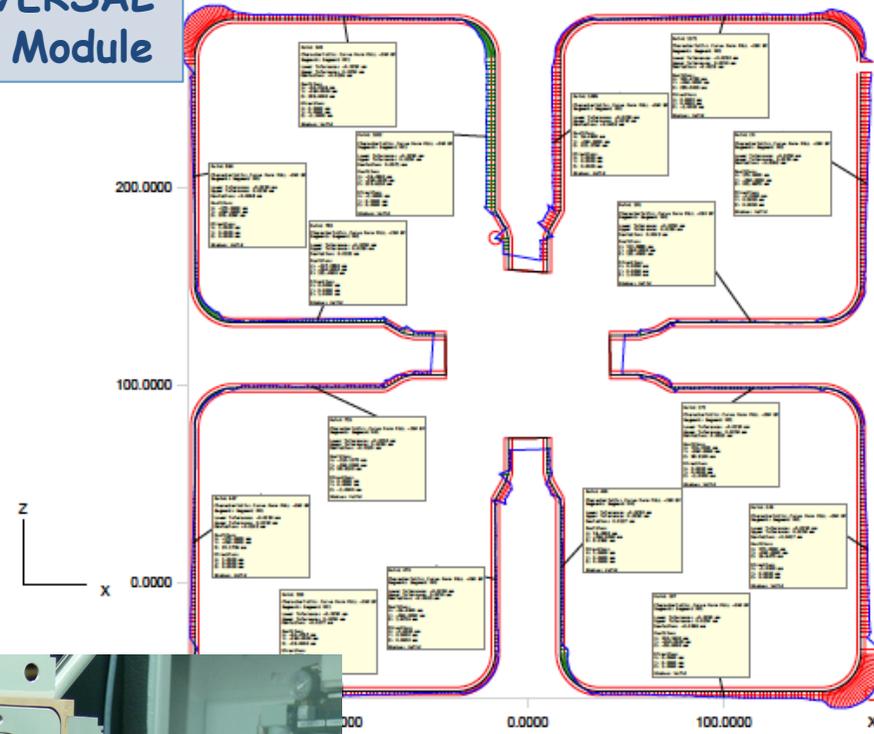
Braccio portatile di misura 3D Infinite 2.0 HEXAGONE Metrology

Dimensioni R=2400 [mm], risoluzione max. 7 μm ;

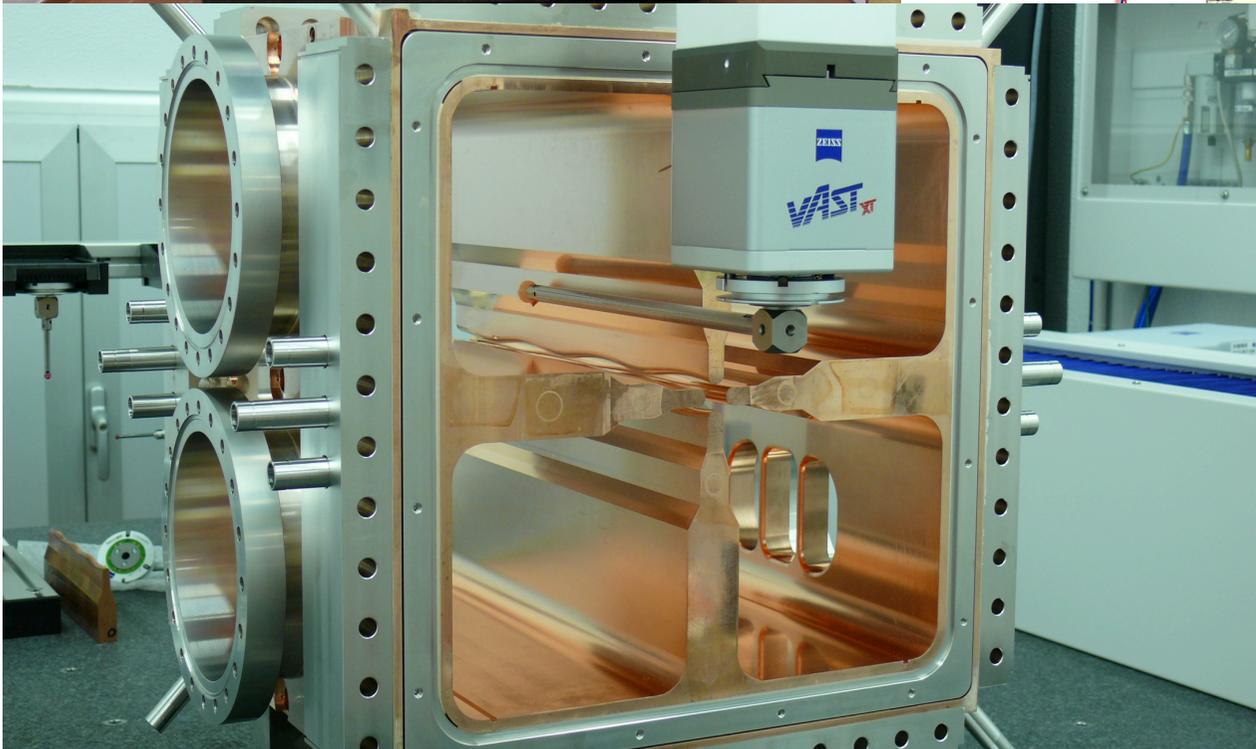
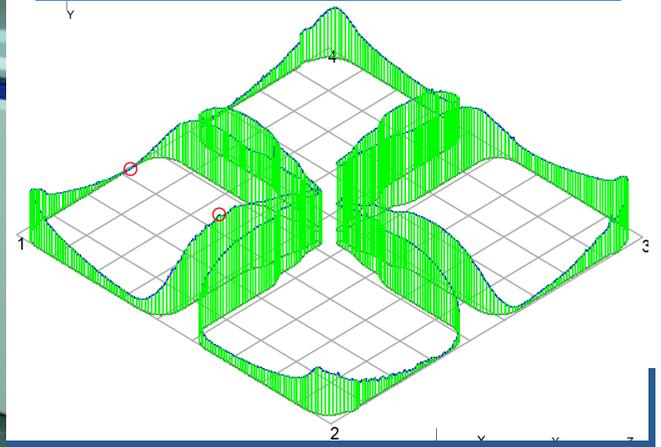
Laser Tracker Faro

Full TRANSVERSAL Scan of the Module

ZEISS ACCURA



Full FRONT Scan of the Module





INFINITE 2.0
Hexagone Metrology

Johansson Topaz 10



Mitutoyo Crysta-Plus



Laboratorio Materiali Compositi

Il laboratorio di Materiali Compositi della Sezione è stato realizzato nel 1998 a fronte dell'impegno per la progettazione, realizzazione ed installazione delle strutture in fibra di carbonio del rivelatore ALICE SPD da installare presso ALICE LHC@CERN Ginevra.

Esso è composto da:

- Autoclave per materiali compositi del tipo a resine termo-indurenti (essenzialmente epossidiche) con pressione max. di esercizio di $p=10$ ata, e temperatura limite di esercizio $T=250$ °C.
- Le dimensioni nominali risultano: $D_i=1600$ [mm], $L_{\text{utile}}=3500$ [mm].
- Camera grigia per la preparazione dei plies in carbonio con la tecnica del sacco da vuoto
- Cappa di aspirazione per la lavorazione dei materiali (finiture superficiali, trattamento di deposizione del distaccante sugli stampi metallici)
- Cella frigorifera per lo stoccaggio dei materiali compositi, resine, film adesivi etc.

Principali realizzazioni:

- ALICE SPD mechanics (supporti con spessore nominale $t=200$ μm , etc.);
- Camera di scintigrafia del cuore (finanziamento europeo per la realizzazione di due prototipi da testare presso Ospedale Niguarda (MI) e Birmingham (GB));
- Specchi per telescopi Cherenkov di MAGIC e MAGIC II (Las Palmas - Isole Canarie, Spagna);
- Etc.

In passato sono stato organizzati dei corsi di formazione sulla tecnologia dei Materiali Compositi presso INFN Sezione di Padova con la partecipazione di personale sia INFN che di aziende private.



Le verifiche PND (prove non distruttive) sono molto frequenti nei nostri ambiti di applicazione ed in particolare il personale tecnologo afferente all'SPM ha ottenuto diversi certificati di II livello per le seguenti PND:

Termografia all'infrarosso

In particolare sono in utilizzo due termo camere all'infrarosso del tipo a micro bolometri:

AVIO
FLIR

Misure ad Ultrasuoni.

In particolare sono in utilizzo due distinte teste di misura ad ultrasuoni:

Misure su componenti in fibra di carbonio

Misure su componenti metallici tipo phase array (per la verifica delle giunzioni brasate in forno ad alto vuoto dei moduli della cavità RFQ di IFMIF-EVEDA).

Il Personale con Dottorato di Ricerca e con Borsa Tecnologo viene formato per entrambe le tecniche PND.

Nel corso degli anni si è instaurata una solida collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica dell'Università degli Studi di Padova e dell'Università degli Studi di Udine, per sviluppare dei percorsi di tesi di Laurea e per percorsi post-laurea del tipo Dottorati di Ricerca o Borsa Tecnologo.

In particolare nell'ambito dell'Esperimento ALICE SPD la collaborazione prevalente è stata con l'Università degli Studi di Udine con la redazione di tre diverse tesi di Laurea. Due dei giovani laureati hanno preferito proseguire la loro attività presso l'industria, mentre il terzo ha svolto il proprio dottorato di ricerca presso il CERN di Ginevra.

Nell'ambito dell'Esperimento IFMIF-EVEDA la collaborazione prevalente è stata con l'Università degli Studi di Padova con la redazione di tre diverse tesi di Laurea. Successivamente un candidato ha scelto di lavorare presso l'industria mentre per due di essi è stato (o è in corso) il dottorato in Ingegneria Meccanica.

Attualmente il candidato che ha conseguito il dottorato lavora presso il Laboratorio IFMIF di Rokkasho in Giappone nel Project Team, come Responsabile dell'allineamento dell'intero LINAC.

La tecnologia della stampa additiva fornisce rilevanti vantaggi nella progettazione e nella realizzazione di componenti non ottenibili con le tecnologie presentate in precedenza.

Gli apparati per la Fisica delle Alte Energie devono in generale soddisfare a delle specifiche estremamente challenging per:

- **Material Budget**
 - e.g.: rivelatori di vertice per i quali non solo il peso ma anche la trasparenza al passaggio delle particelle prodotte dalle interazioni sub-atomiche (numero atomico dei materiali utilizzati).
- **Potenza termica dissipata**
 - L'analisi termo-meccanica e fluido-dinamica dei sistemi di raffreddamento è spesso limitata dalla capacità realizzativa dei canali di raffreddamento: l'AM offre la possibilità di progettare prima il sistema ottimale e di "vestirne" la struttura attorno,

- **Geometrie**
 - La disposizione nello spazio dei rivelatori ovvero la geometria ideale dei componenti risulta spesso o troppo onerosa da realizzare ovvero impossibile nel caso delle tecnologie tradizionali. L'AM offre soluzioni laddove si risolvano i problemi di "disegno" dei componenti: necessario l'utilizzo di software CAD estremamente potenti con personale ad elevata esperienza.
- **Controllo qualità**
 - **Geometrica:** elevata esperienza e disponibilità di attrezzature all'avanguardia (contatto ed ottica)
 - **Materiali:** elevata esperienza per prove non distruttive
- **Trattamenti termici post produzione (LNL)**
- **Trattamenti superficiali per migliorare rugosità post-produzione o per deposizione di materiali sulla superficie (LNL - E. Palmieri).**

Nello specifico vi è un forte interesse sia per la conoscenza approfondita della tecnologia AM che per lo studio e lo sviluppo di nuovi materiali così come evidenziato dai colleghi del CERN con cui collaboriamo per lo stesso campo di attività.

In particolare:

- Sviluppo della tecnologia del rame ultra-puro
 - Applicazioni per cavità RF
 - Applicazioni per componenti di parti delle macchine ITER (NBI Neutral Beam Injector)
 - Attualmente si hanno enormi problemi sullo sviluppo di questa tecnologia in particolare per l'ottenimento delle purezze richieste e della omogeneità e dimensioni dei grani (e.g.: CuC2)

- Sviluppo della tecnologia del Niobio
 - Realizzazione di cavita RF Super Conduttive

- Tecnologia del Titanio
 - Realizzazione di componenti per ottenere elevata resistenza nella vita a fatica di componenti di telescopi Cherenkov.

- Etc. (richieste specifiche da aziende del territorio).

L'ipotesi di lavoro è essenzialmente quella di formare del personale neo-laureato nelle discipline dell'Ingegneria Meccanica o dell'Ingegneria dei Materiali etc., all'interno delle nostre strutture, fornendo tutte le competenze sviluppate presso SPM ed OM con prevalente orientamento alla tecnologia AM.

Il percorso ideale è quello del Dottorato di Ricerca (3 anni) dove oltre al percorso formativo ci sia una prevalente attività di progettazione e realizzazione di componenti richiesti dall'attività di sostegno offerte alle Ditte del territorio e/o dagli Esperimenti della Sezione di Padova e dei Laboratori di Legnaro Consorzio RFX e Università.

A tal fine si intende acquisire delle attrezzature con prevalente orientamento all'R&D e quindi macchine AM che siano orientate alla sperimentazione di nuovi materiali (oltreché' diversi): possibilità di caratterizzazione della macchina.

La collaborazione con le Ditte produttrici di macchine AM risulta fondamentale come pure con le aziende che sviluppano software specifici per la realizzazione dei componenti.

La presenza nel territorio di realtà produttive molto consolidate e di rilevante esperienza oltre al fiorire di iniziative per l'utilizzo e lo sviluppo di questa tecnologia è estremamente promettente. Lo scopo formativo di personale esperto e qualificato risulta di interesse per entrambe le parti.

Fondamentale è il supporto della Regione Veneto a questa iniziativa che leghi l'ambiente della Ricerca con le realtà produttive.

Grazie per la vostra attenzione.