

Esperienze di produzione in serie per Infrastrutture di Ricerca: il caso XFEL ad Amburgo



Paolo Michelato

INFN – Sezione di Milano LASA

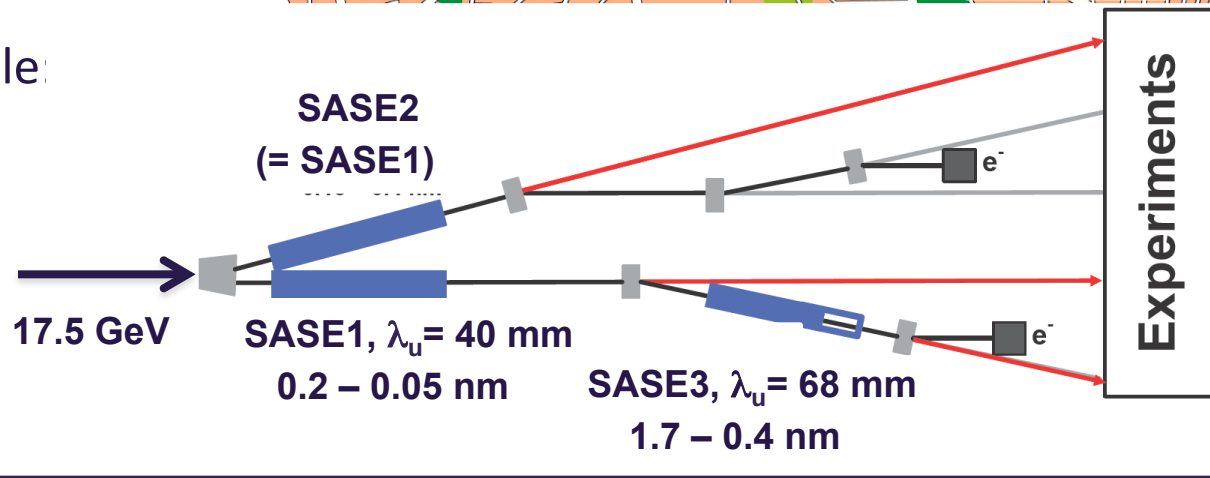


The European XFEL



Some specifications

- Photon energy 0.24-24 keV
- Pulse duration ~ 10-100 fs
- Pulse energy few mJ
- Superconducting linac. 17.5 GeV
- 10 Hz (27 000 b/s)
- 5 beamlines / 10 instruments
 - Start version with 3 beamlines and 6 instruments
- Several extensions possible:
 - More undulators
 - More instruments
 - ...
 - Self Seeding
 - CW Operation



Status of EXFEL installation



TUNNEL

Timeplan from the project general schedule



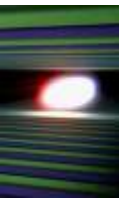
WHEN	MILESTONE
1 st September 2015	RF Gun Conditioning
31 October 2015	Injector Tunnel closed
31 January 2016	SASE1 experimental area ready for instrument (FXE, SPB/SFX) installation
31 May 2016	SASE3 experimental are ready for instrument (SCS, SQS) installation
30 June 2016	Linac tunnel closed
31 December 2016	First SASE1 lasing possible
30 April 2017	SASE1 instruments begin operation

Impegno Italiano: 33 M€ (2005) in-kind



- Contributo alla fase di costruzione di XFEL
 - **In-kind**, per un valore di **33 M€** (indicizzato 2005) secondo le cifre indicate a “budget book” e approvate insieme alla Convenzione. Comprende:
 - » Attività di sviluppo
 - » Attività di **trasferimento di know-how**
 - » Attività di **produzione con l’industria, di collaudo e certificazione**
- Attraverso la partecipazione responsabile dell’INFN, l’Italia garantisce la fornitura di
 - **Supervisione** produzione criomoduli (circa 50)
 - **Metà** delle cavità superconduttive a 1.3 GHz (**400 cavità**)
 - **Controllo dell’installazione degli apparati di sintonia**
 - **Sistema completo di terza armonica (cavità e criomodulo)**

Contributi «Tecnici» di Milano nei WP



Riconosciuti nella struttura di progetto

■ WP3 Cryomodule (**concluso**)

■ WP4 Cavities

- WPL P.Michelato

■ WP7 Tuners

- WPL A.Bosotti

■ WP46

- WPL P. Pierini

European XFEL DESY's XFEL Project Group

Organization Jobs & Tenders Technical Information Workshops Cavity Database Project Group

← XFEL → Project Group → Work Packages → LINAC → WP 4: SC Cavities

WP 4: SC Cavities...
Specs

WP-04: Super Conducting Cavities

- Cavity baking in-situ
- EP on cavities with tank
- Determination of electrical axis of cavity
- Check mechanical properties of niobium after 800C
- Define processes of cavity preparation and assembly
- Optimum EP parameters
- First 10 nine cell-preparations after EP + 800C + bake
- Material
- EP on half cells, dumb-bells
- Optimum stress annealing + hydrogen degassing temperature (600 1000C)
- Other cleaning techniques: Oxipolishing, BCP 1:1:10, etc
- Development of CO2 cleaning
- Cavity Production
- Work Package Leader: W. Singer (Desy) / P. Michelato (INFN)

WP 7: Frequency Tuner

- Define detailed specification for tuner
- Define processes for integration/assembly
- Piezo mechanical design
- Work Package Leader: L. Lilje (Desy) / A. Bosotti (INFN)

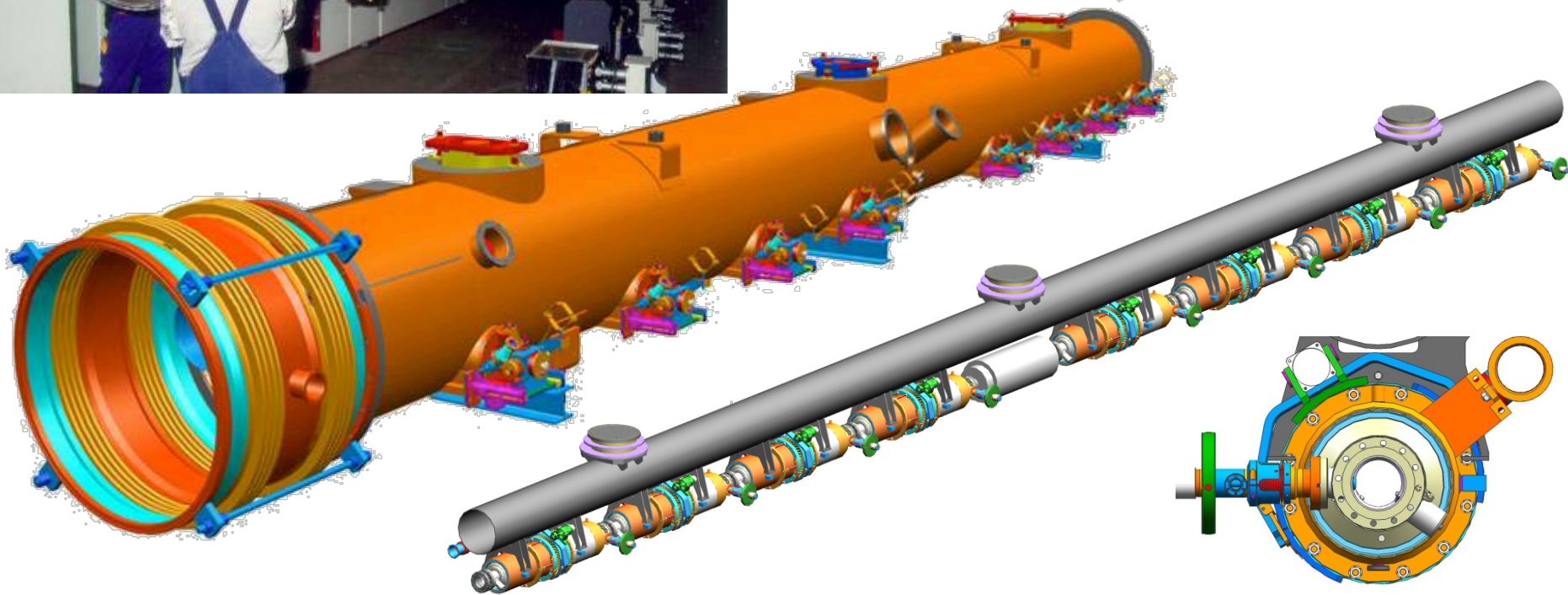
WP 46: 3.9 GHz System

- coordination of the FLASH 3.9 GHz module as XFEL prototype
- procurement of all components for 3.9 GHz system
- module assembly
- RF and RF control
- installation and commissioning of the system
- Work Package Leader: P. Pierini (INFN) / E. Vogel (Desy)

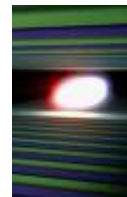
TESLA Technology: the INFN Cryomodule



- International collaborative Effort in the three regions for ILC
- Design changes are towards nailing down slot length of components
- Costing should be straight-forward from TTF and XFEL experience



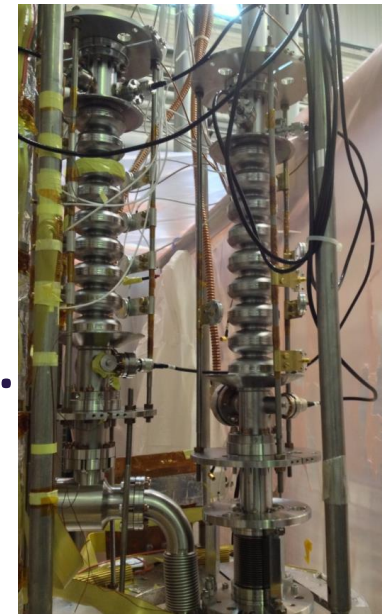
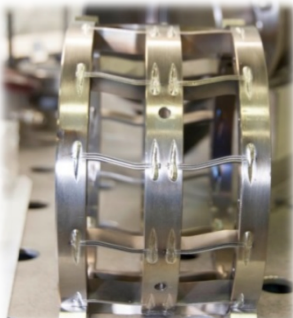
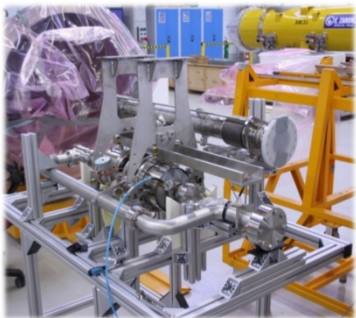
Criomoduli



WP46: 3rd Harmonic System (3.9 GHz)

Piccola produzione in serie di 10 cavità per il modulo di terza armonica per XFEL (più altre 10 in corso di fabbricazione)

- **Responsabilità: INFN e DESY**
- **Design cavità: INFN**
- **Specifiche trattamenti, basate su esperienza della produzione delle cavità del linac: INFN**
- **TEST cavità: presso il LASA**
- **Montaggio nel criomodulo e test orizzontale: DESY.**
- **Tutto prodotto presso industria italiana**

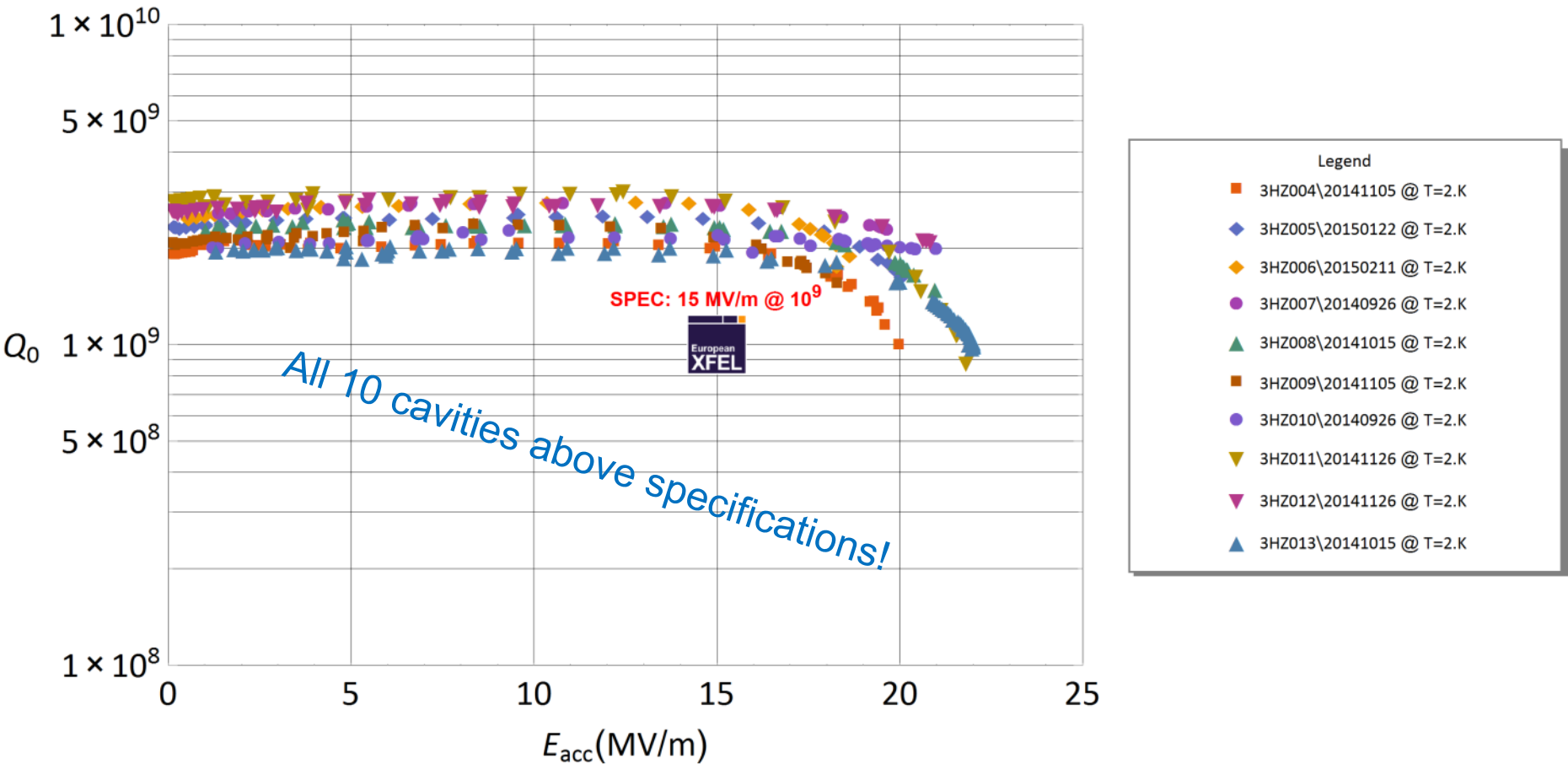


WP46: Series cavities Vertical Test



■ First cavity vertical test 26-Sep-14 and last 11-Feb-2015

Summary of all vertical tests of 3.9 GHz cavities

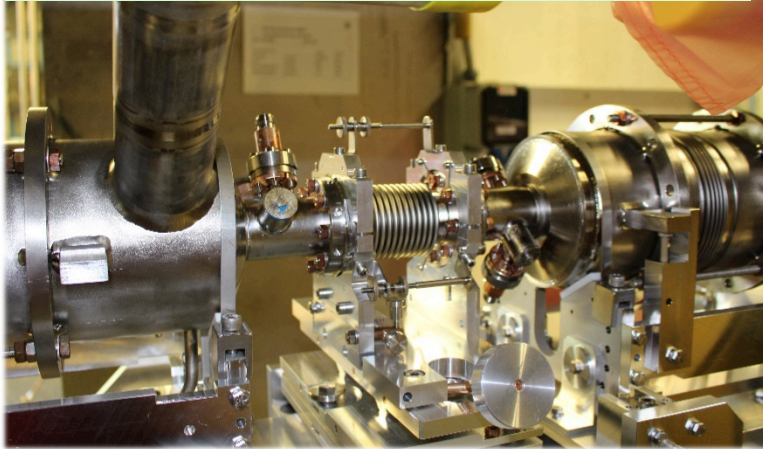


WP46: towards assembled cryomodule

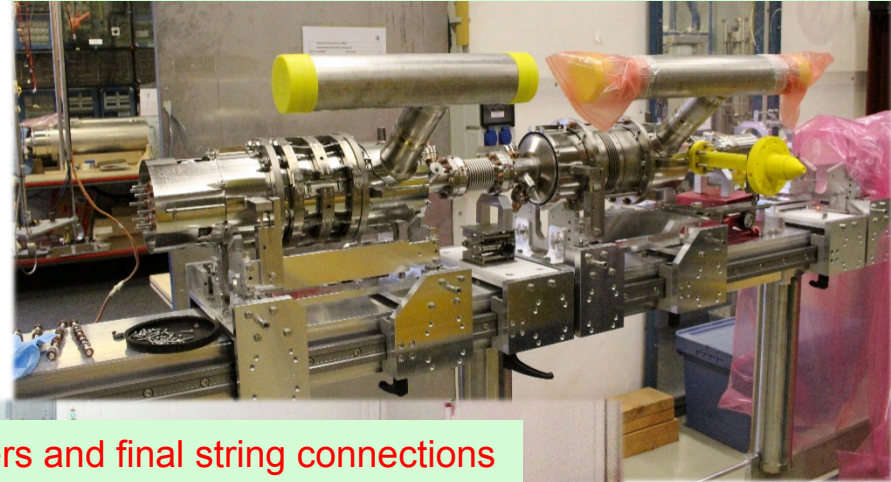
Status at 11 June 2015



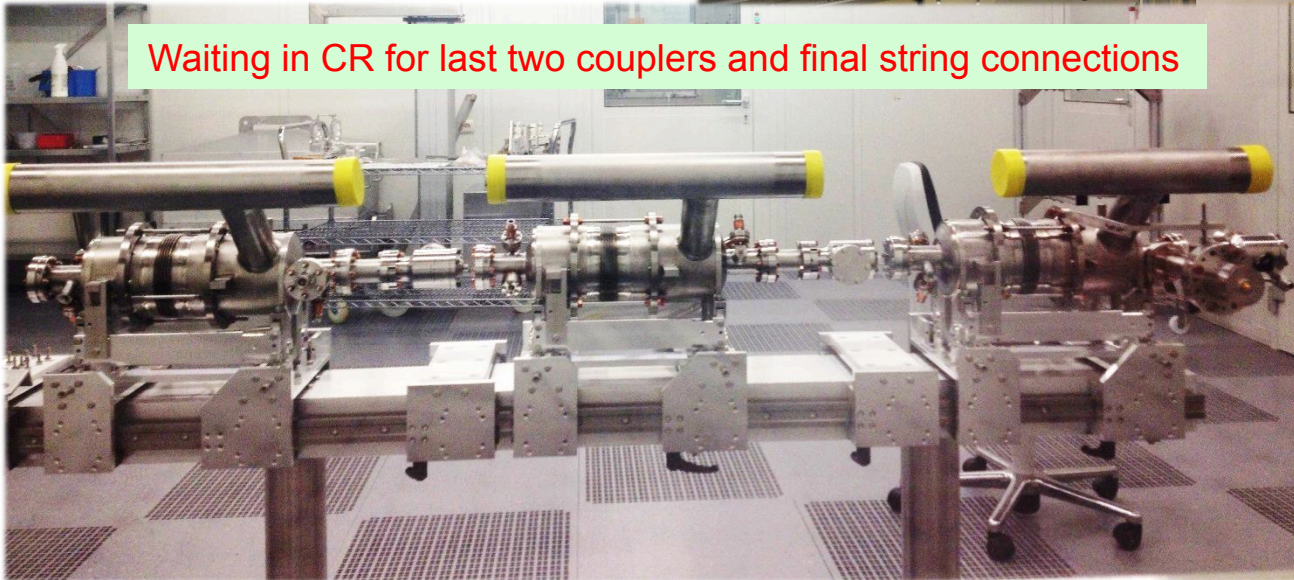
Test Intercavity bellow connection



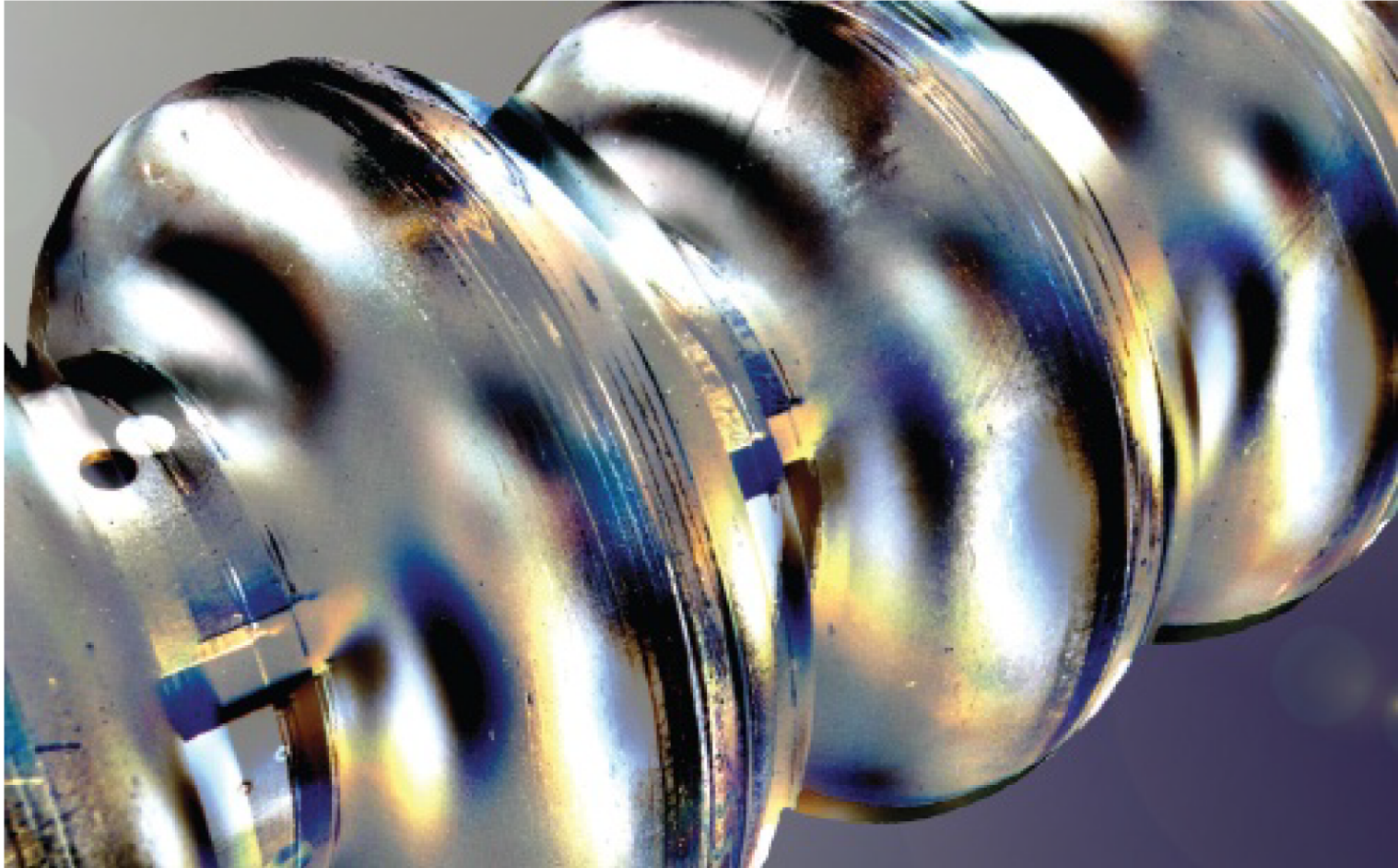
Preliminary assembling of frequency tuner and magnetic shields

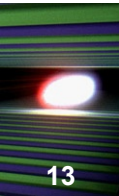


Waiting in CR for last two couplers and final string connections

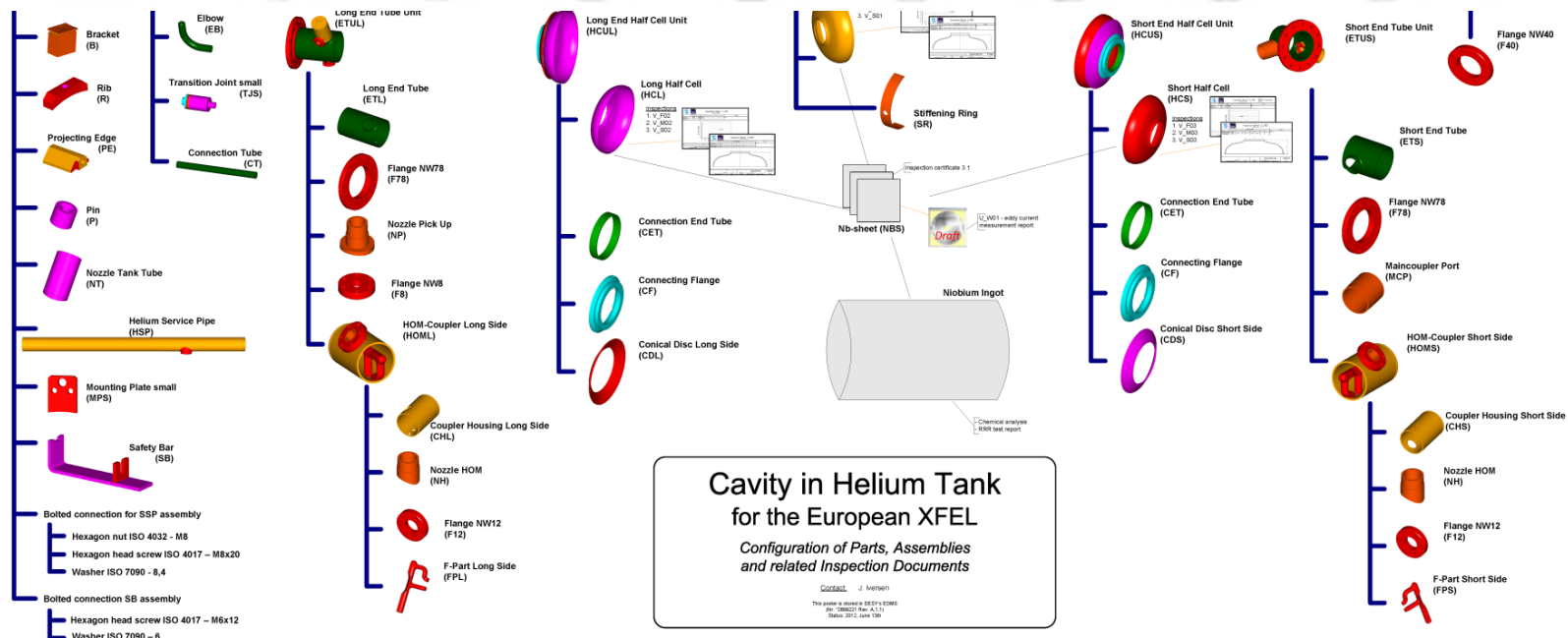
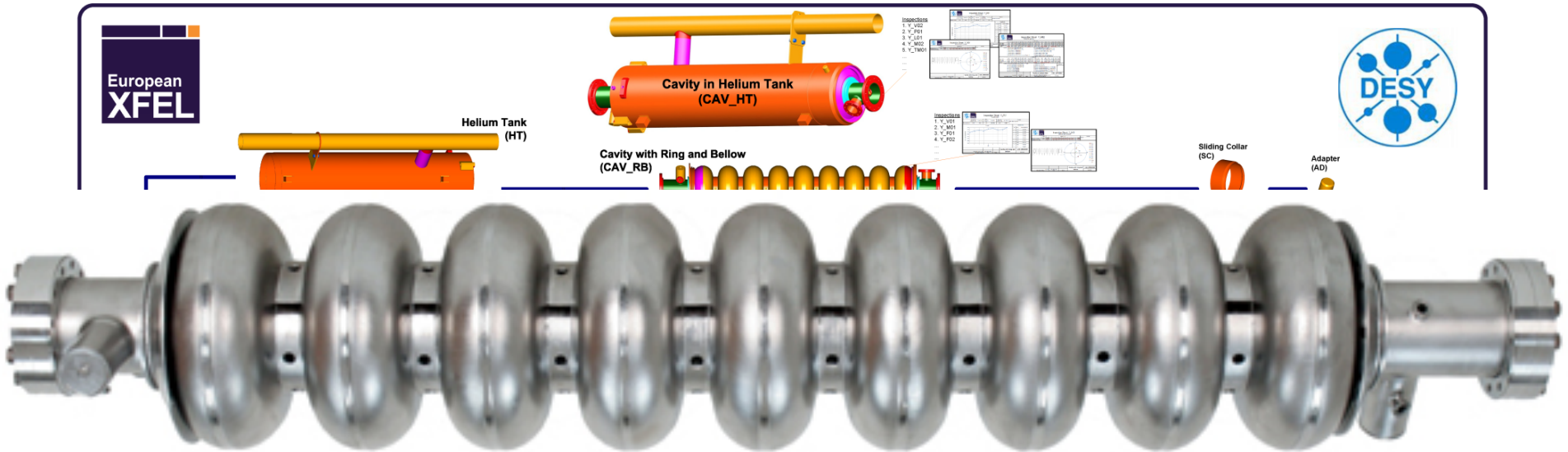


WP4: 800 Cavit  superconduttive a 1.3 GHz





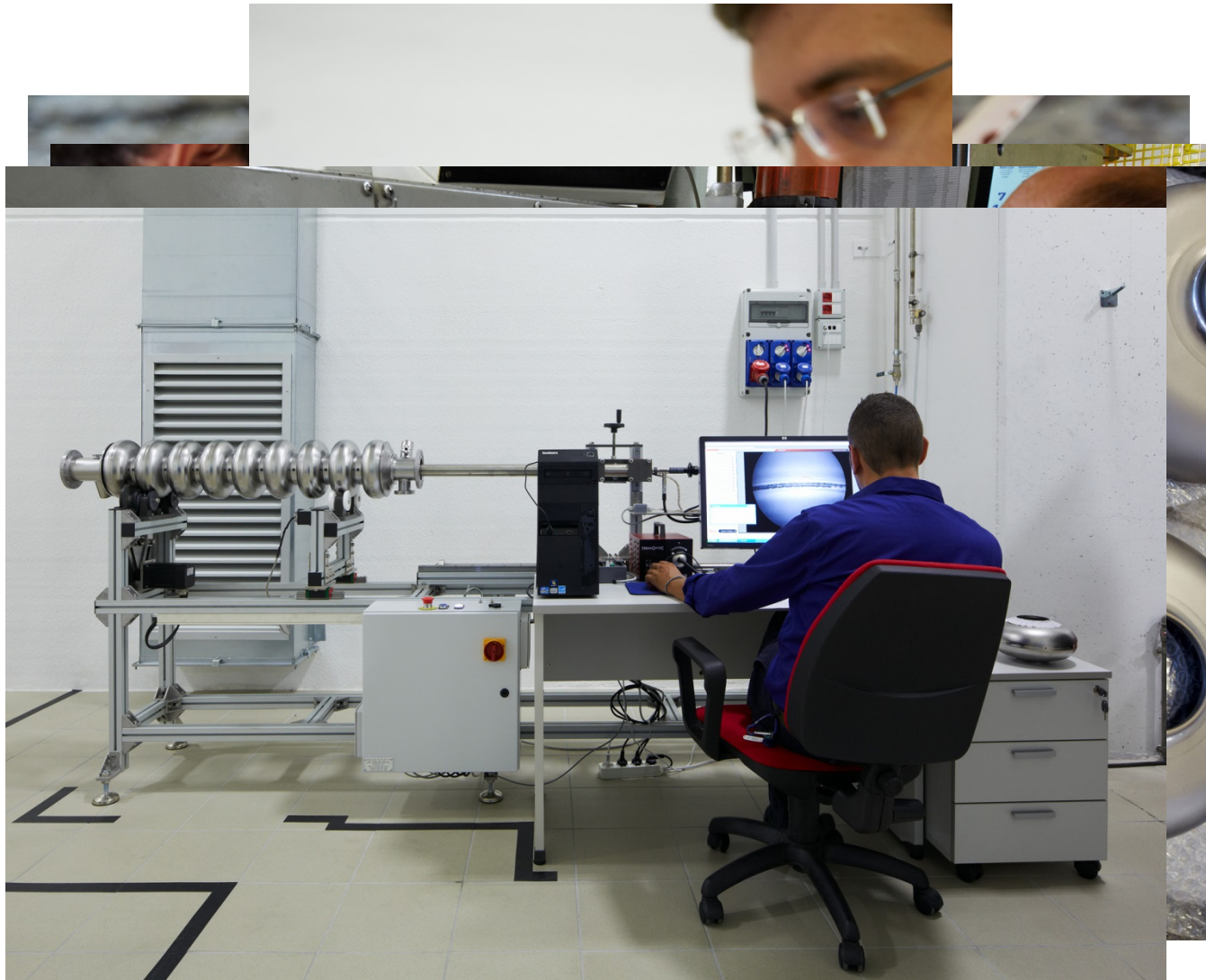
- **Two Companies** committed for the **400 + 400** 1.3GHz cavities production:
E. Zanon (**EZ**) and Research Instruments (**RI**)
 - **Main steps at the Companies:**
 - Mechanical fabrication & RF measurements and Tuning
 - Surface treatments (BCP/EP, HPR, thermal treatments, etc.)
 - He-tank integration
 - Shipment to DESY for cold RF test (cavity equipped with all ancillaries)
 - Cavities integrated in the He-Tanks and **ready to be cold RF tested at DESY** (foreseen production rate: **3.5-4 cav/week**):
 - **INFN-DESY** supervise the full cavities production:
 - **Technology transfer to industry**
 - **Infrastructures ramp-up and qualification** (clean room, UP water system, EP/BCP systems, HPR, thermal treatments, slow pumping slow venting systems, etc.)
 - **Quality control of the on-going production**
-



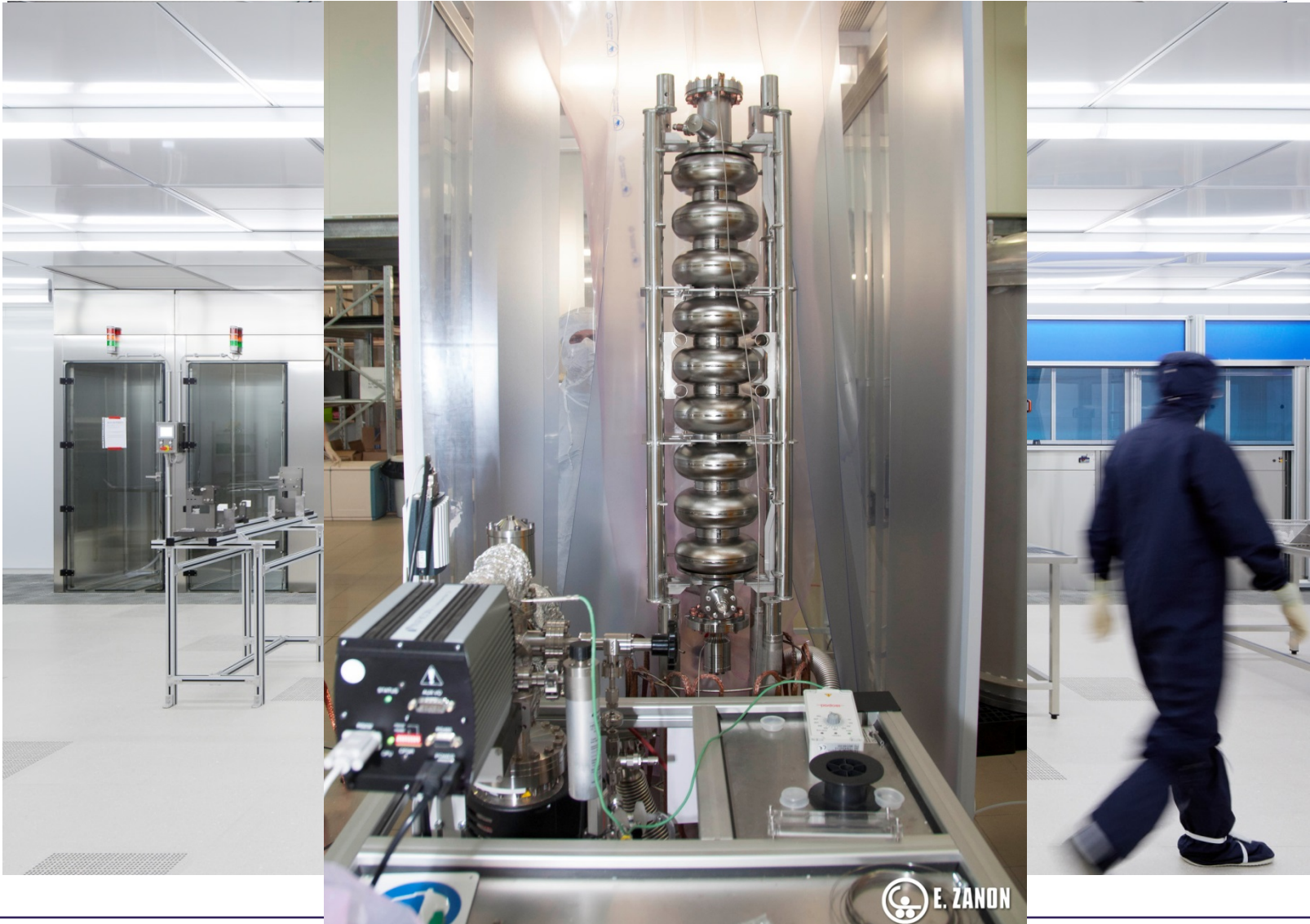
Cavity in Helium Tank for the European XFEL
Configuration of Parts, Assemblies and related Inspection Documents

Contact: J. Jensen
 This paper is issued as DESY-ES-085
 DESY, Notkestr. 85, D-22607 Hamburg, Germany
 Status: 2012, June 13th

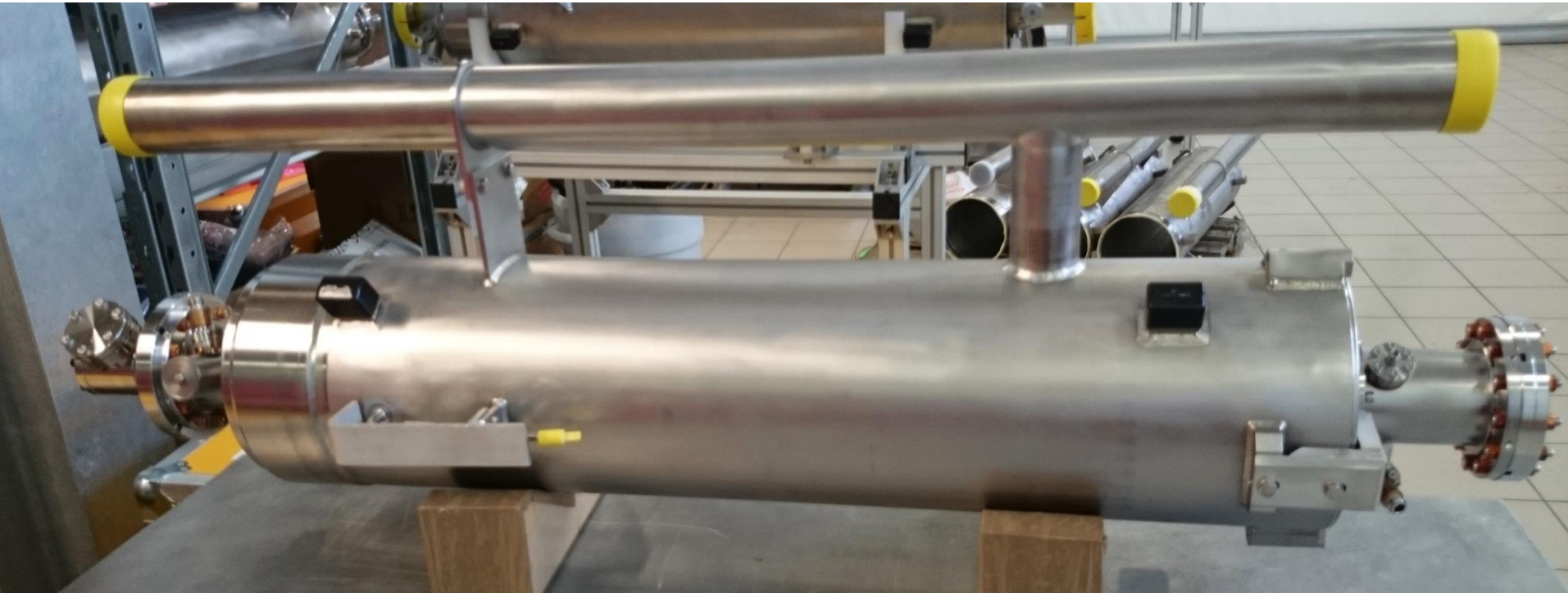
Cavità superconduttiva ellittica in Niobio (1/2)



Cavità superconduttiva ellittica in Niobio (2/2)



E. ZANON



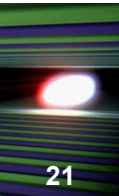
Produzione Cavità superconduttive 1.3 GHz XFEL



- **La più grande produzione industriale mai fatta al mondo di cavità superconduttive “pronte per il test RF a freddo” è in corso di completamento in Europa, con risultati ben oltre le specifiche di design.**
- **Due sole aziende in Europa, una in Italia, Ettore Zanon di Schio e una in Germania, RI, Research Instruments, a Bergisch Gladbach sono state qualificate per il progetto XFEL e hanno prodotto, nell’ultimo paio di anni, quasi 800 cavità superconduttive ellittiche a 1.3 GHz del progetto XFEL.**
- **Strategia seguita: Built to Print.**

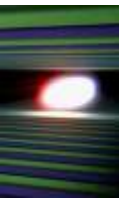
- La strategia “**build to print**” è stata scelta per la produzione delle cavità superconduttive XFEL
- Le industrie costruiscono il **prodotto** che è stato **sviluppato** in anni di attività **R&D nei laboratori**.
- La produzione **deve seguire** con precisione **le specifiche** che **includono l’esatta definizione dell’infrastruttura da utilizzare**.
- **Nessuna garanzia di performances caricata sulle aziende**, ma infrastruttura costruita su specifiche DESY/INFN e processo produttivo definito nelle specifiche.

- **Assistenza di esperti** (DESY, INFN/LASA) presso le due società per il **set up della specifica infrastruttura** per il trattamento delle cavità secondo le specifiche.
- **Assistenza degli esperti** (DESY, INFN/LASA) per la **qualifica delle infrastrutture** e per la **gestione della qualità degli impianti**.
- **Supporto** per **qualifica** dei componenti secondo normativa europea componenti in pressione EC/23/97 (**PED**)
- **Tutoring** del personale presso le aziende, **review** delle istruzioni operative
- **Molti temi**: Vuoto, Clean room, UPW (acqua ultrapura), HPR, trattamenti superficiali con acidi (BCP, EP), RF, ...



Each company has set up the infrastructure for the cavities production and treatments. Main items are:

- 2 EBW plants
- ISO 7 and ISO 4 clean room with cleaning and rinsing facility
- UPW production system, HPR
- 800°C dehydrogenation oven
- Tools for cavity integration in the HT
- 120°C final baking oven
- Slow Pumping Slow Venting vacuum system + vacuum units
- Cavity internal visual inspection system



- Stato produzione delle **800** cavità (EZ + RI)
 - Produzione «meccanica»: EZ (**100%**), RI (**90%**)
 - Cavità spedite a DESY: 716
 - Cavità testate a DESY: ~ 680
 - Cavità spedite a Saclay per ass. criomodulo **~480**
 - **Cavità accettate all'arrivo : ~70%** (23.6 MV/m, Q0 $1 \cdot 10^{10}$)
 - molti difetti **recuperati** con ritrattamento (**HPR**) a DESY
 - **dopo ritrattamenti > 90% cavità accettate**
 - Rate di produzione (EZ + RI): ~ 8 cav/settimana

WP4: Cavities performances “as arrived” and after HPR retreatment

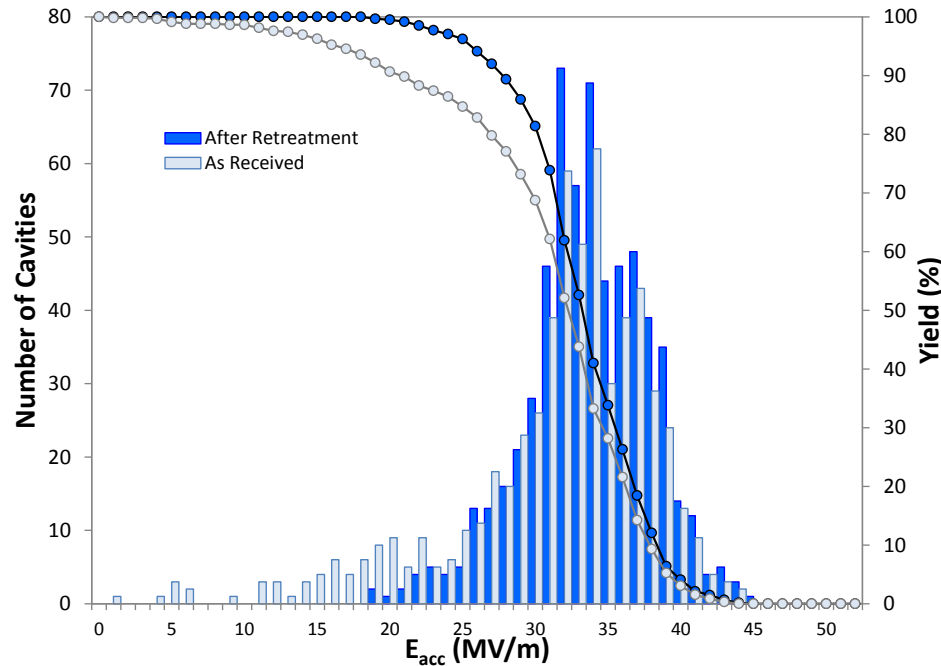


Max Accelerating Gradient

Usable Gradient

ACCEPTANCE CRITERIA:

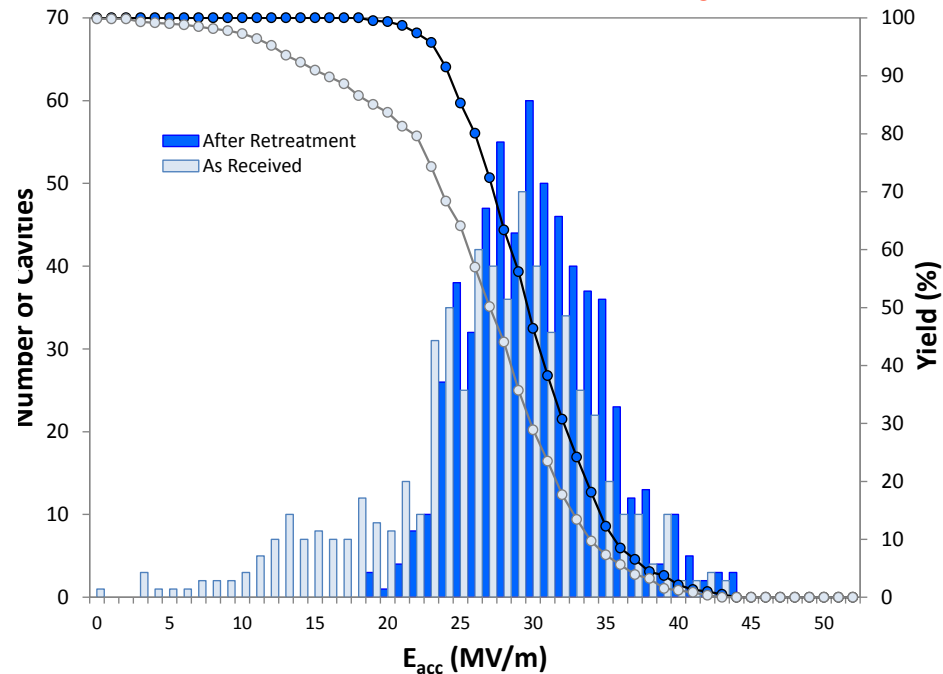
$E_{acc} > 23.6 \text{ MV/m}, Q_0 > 1 \cdot 10^{10}$



Average maximum gradient:

Before retreatment: $31.4 \pm 6.9 \text{ [MV/m]}$

After retreatments: $33.6 \pm 4.2 \text{ [MV/m]}$

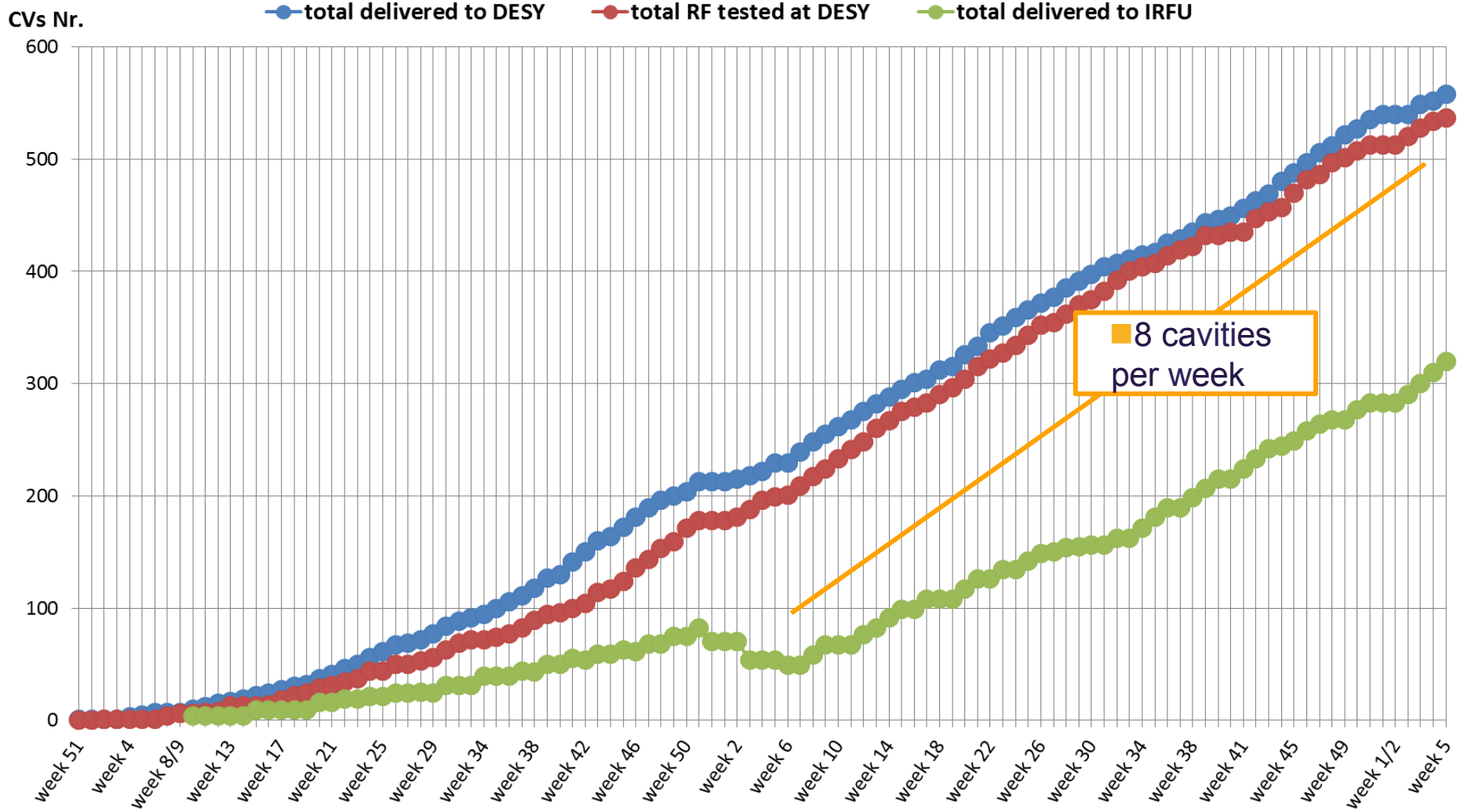


Average usable gradient:

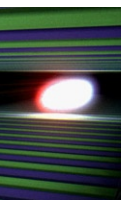
Before retreatment: $27.6 \pm 7.1 \text{ [MV/m]}$

After retreatments: $30.4 \pm 4.5 \text{ [MV/m]}$

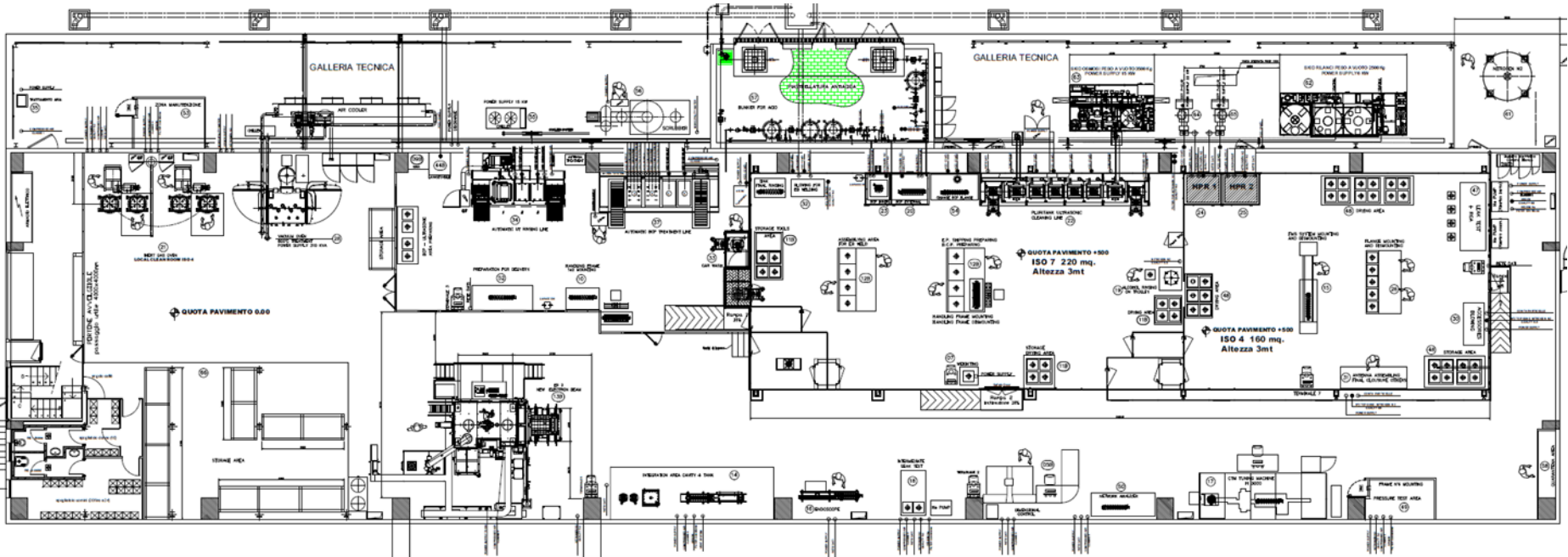
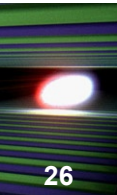
WP4: Cavity delivery rate (updated Jan-2015)



Examples of RI Infrastructure (courtesy of RI)



Examples of EZ Infrastructure (courtesy of EZ)

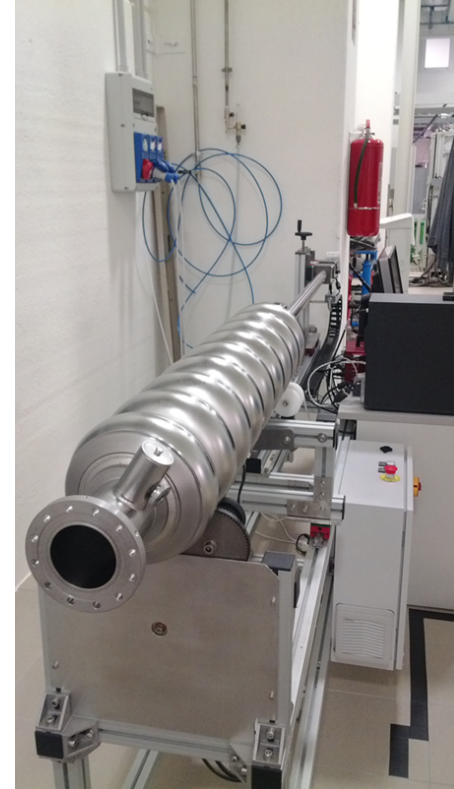
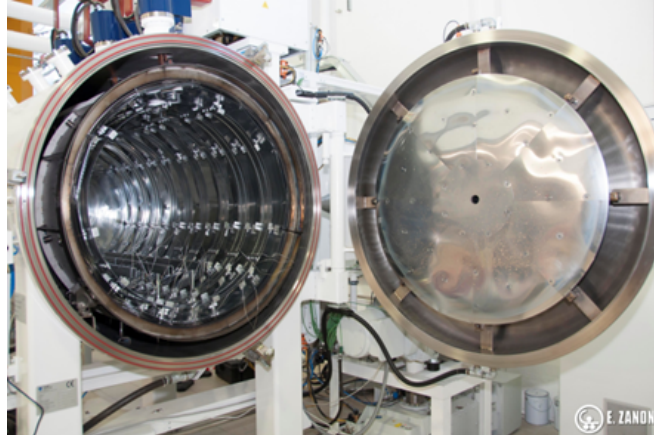


Building layout: clean rooms ISO10, ISO7, ISO4, US and BCP treatment, 120°C baking, 800°C oven, EBW, tuning machine etc.



7/2/2012

Examples of EZ Infrastructure (courtesy of EZ)

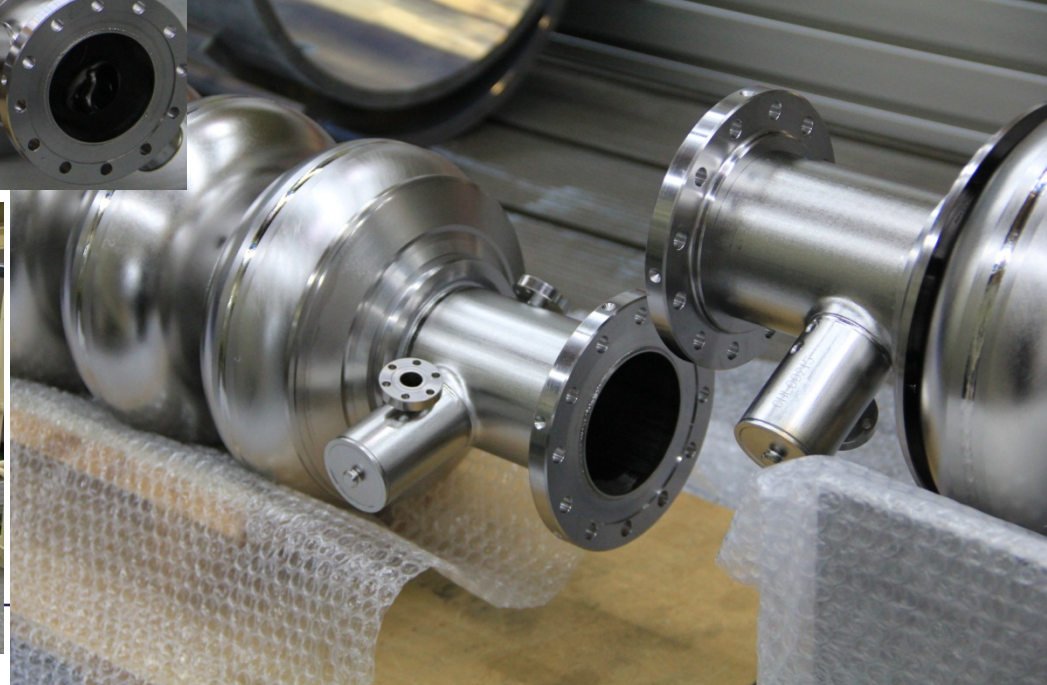
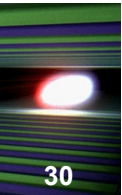


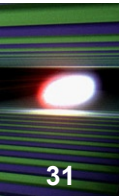


Preseries cavities and subcomponents at EZ (courtesy of EZ)



Preseries cavities and subcomponents at RI (courtesy of RI)





- **Criomoduli**
 - Tutti i moduli di TTF e di FLASH a DESY sono stati costruiti in Italia dalla ditta Zanon.
 - Per XFEL prodotti in Italia circa 50 criomoduli (50%)
- **Sistema di terza armonica.**
 - Cavità superconduttive 3.9 GHz.
 - Progettazione cavità INFN.
 - Prodotti 10 pezzi, in produzione altri 10. Piccola produzione in serie sempre presso industria italiana.
 - Cavità testate con successo presso INFN – Milano LASA
 - Criomodulo fornito dall'industria italiana.
 - Integrazione delle cavità terminato in questi giorni a DESY.

- **Cavità superconduttive 1.3 GHz**
 - Produzione in serie di 800 cavità «pronte per il test RF a freddo».
 - Qualificate due aziende in Europa: una italiana e una tedesca.
 - Trasferimento tecnologico effettuato.
 - Prodotte con successo in Italia metà delle cavità.
 - Le aziende hanno acquisito prezioso know how in vari campi.
 - Nuovi contratti: Per esempio LCLSII. Prime prove per trattamento di drogaggio con azoto in corso in entrambe le aziende
 - L'azienda italiana si è «**qualificata**» sul mercato. In passato poteva proporre «**solo**» la costruzione meccanica delle cavità, oggi può offrire cavità «**pronte per essere testate a freddo**».
 - Bilancio sicuramente positivo per il sistema Italia.
 - Indotto: 20 – 25 % degli importi delle commesse.

- **Produzione presso industria**
 - La strategia di **sviluppare il prodotto** nei laboratori e di **organizzare la produzione in serie**, trattamenti compresi, presso l'industria si è rivelata vincente.
 - **Con XFEL si è accettata la sfida «tecnologica»** di trattare la cavità superconduttiva, un componente considerato «delicato» e finora trattato solo nei laboratori, in un'industria.
 - **L'industria** ha dimostrato di avere **la «potenza» e la forza necessaria per acquisite le competenze dalle strutture di ricerca e di poter procedere con successo nella produzione in serie.**