



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

FUSION

FUSion Studies of prOton boron neutron-less reaction in laser-generated plasma

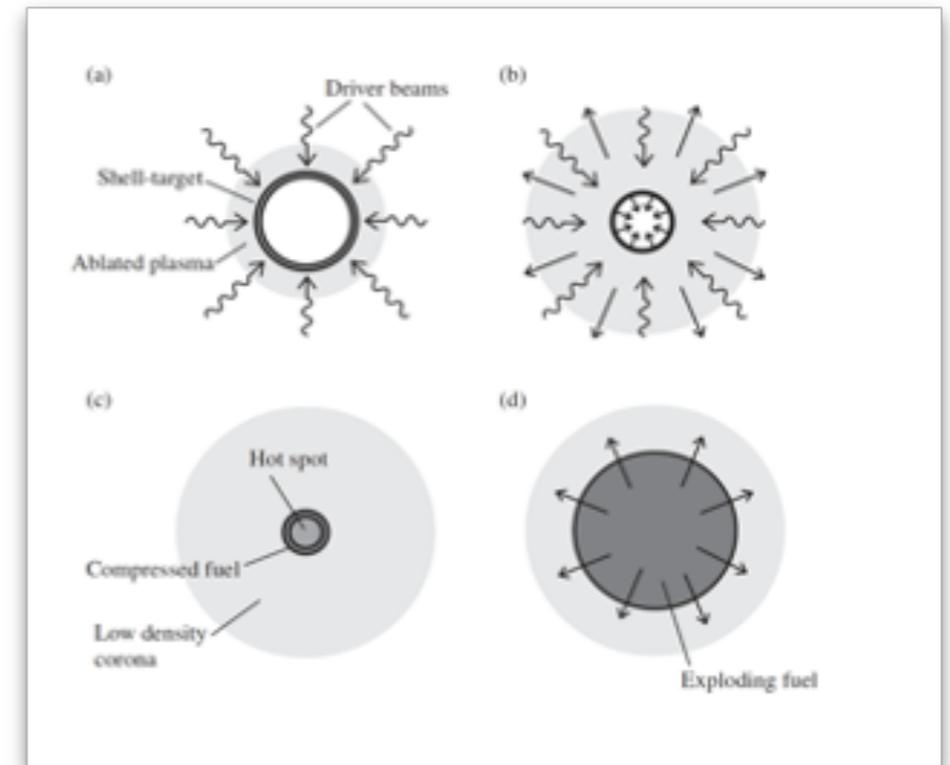
National: GAP Cirrone and F Consoli



Una qualche fonte di energia (i.e. un laser) rilascia energia in una capsula creando una regione (hot-spot) dove **reazioni nucleari esotermiche possono avvenire**

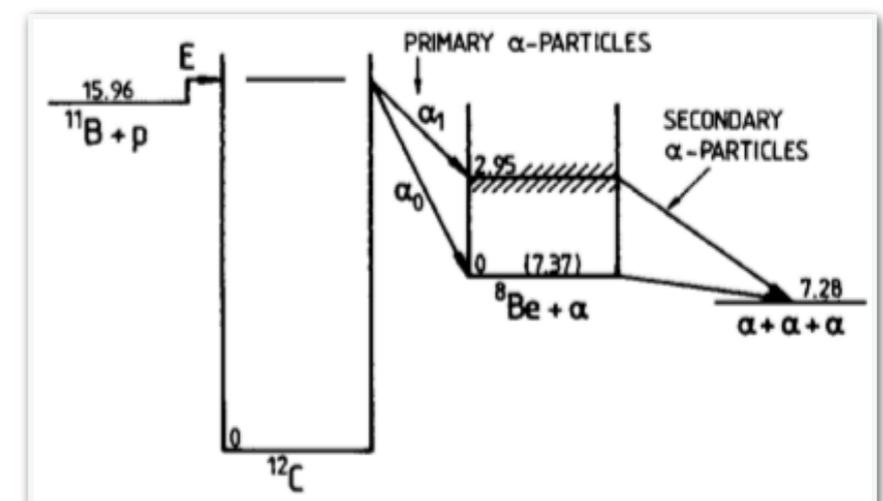
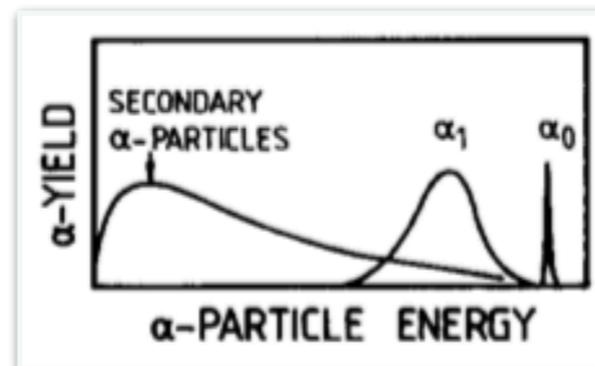
Queste stesse reazioni nucleari producono radiazione secondaria che **aumenta l'energia del sistema e può portare alla generazione di un "self-sustained burning"**.

La D-T è tra la più promettenti reazioni nucleari per la produzione di energia da FCI



S Atzeni, J Meyer-Ter-Vehn, <<Inertial Fusion>>, Oxford Science Publications (2004)

La $p\text{-}^{11}\text{B}$ è un'altra reazione considerata per schemi futuri di FCI: anche se energeticamente meno favorita ha degli enormi vantaggi



Obiettivi e metodologia

3

FUSION non vuole

realizzare un prototipo di reattore a fusione inerziale **né produrre o misurare energia**

FUSION vuole

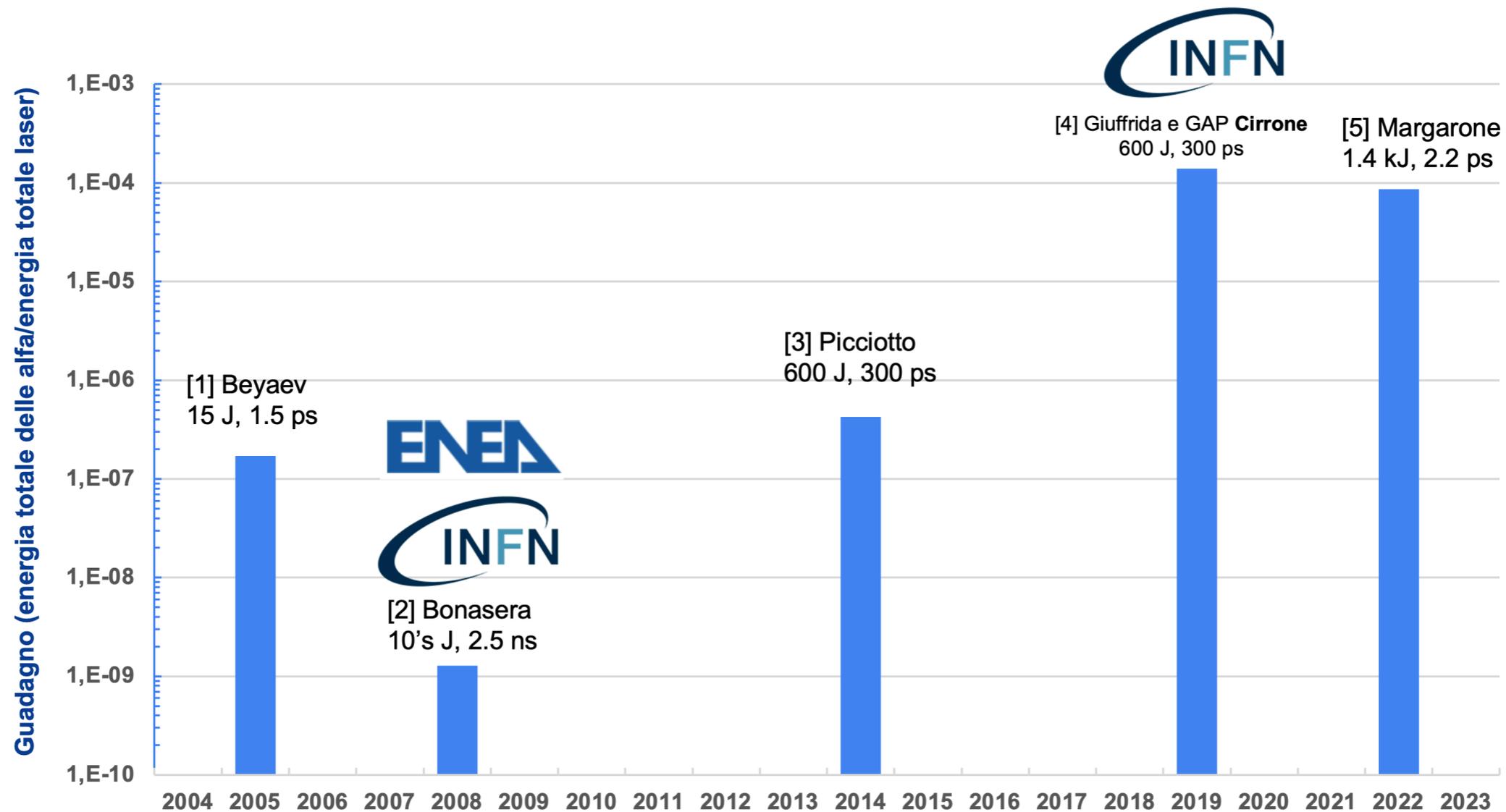
- * ottimizzarne le condizioni della reazione al fine di avere la massima efficienza: **massimo numero di reazioni di fusione (WP1)**
- * **Comprendere al meglio la reazione $p^{11}B$** in un plasma generato da interazione laser-materia (**ion stopping power,...**) **(WP2)**

Questo sarà fatto seguendo un percorso ben definito:

- * Sviluppare **nuovi targets**
- * Realizzare nuovi **schemi di irraggiamento** (legati ai target e al tipo di laser)
- * Realizzare **diagnostiche** più performanti

Guadagno: energia totale delle alfa/energia totale del laser

4



[1] Belyaev VS, Matafonov AP, Vinogradov VI, Krainov VP, Lisitsa VS, Roussetski AS, et al. Phys Rev E. (2005) 72:026406.

[2] Bonasera A, Caruso A, Strangio C, Aglione M, Anzalone A, Kimura S, et al. Measuring the astrophysical S-factor in plasmas. World Scientific (2008). p. 503–7.

[3] Picciotto A, Margarone D, Velyhan A, Bellutti P, Krasa J, Szydlowsky A, et al. Phys Rev X. (2014) 4:031030.

[4] Giuffrida L, Belloni F, Margarone D, Petringa G, Milluzzo G, Scuderi [...] and GAP Cirrone. Phys Rev E. (2020) 101:013204.

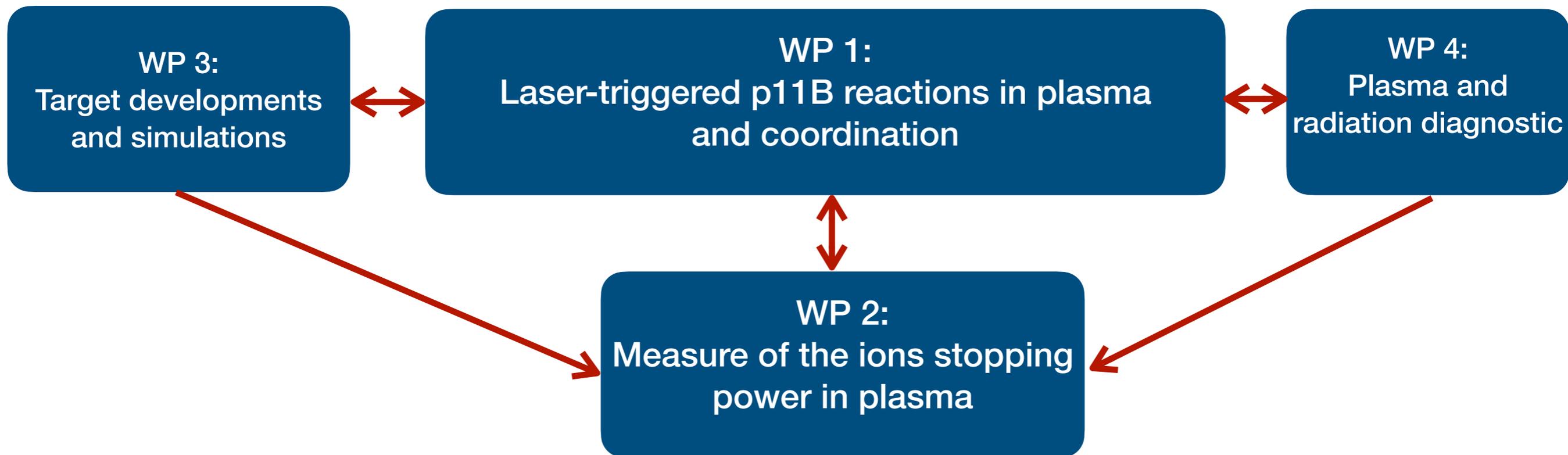
[5] Margarone D., Bonvalet J, Giuffrida L., Morace A., Kantarelou V., Tosca M., Applied Sciences 12, no. 3: 1444.

Obiettivo: aumentare di un ordine di grandezza l'attuale guadagno

Obiettivi e metodologia

5

10 Sezioni partecipanti
4 Working packages



WPs main activities

WP1

- Preparation of the first experiment in a KJ laser system

WP2

- Preparation of the set-up for the proton/helium stopping power measure

WP3

- Targets preparation for WP1 and WP2

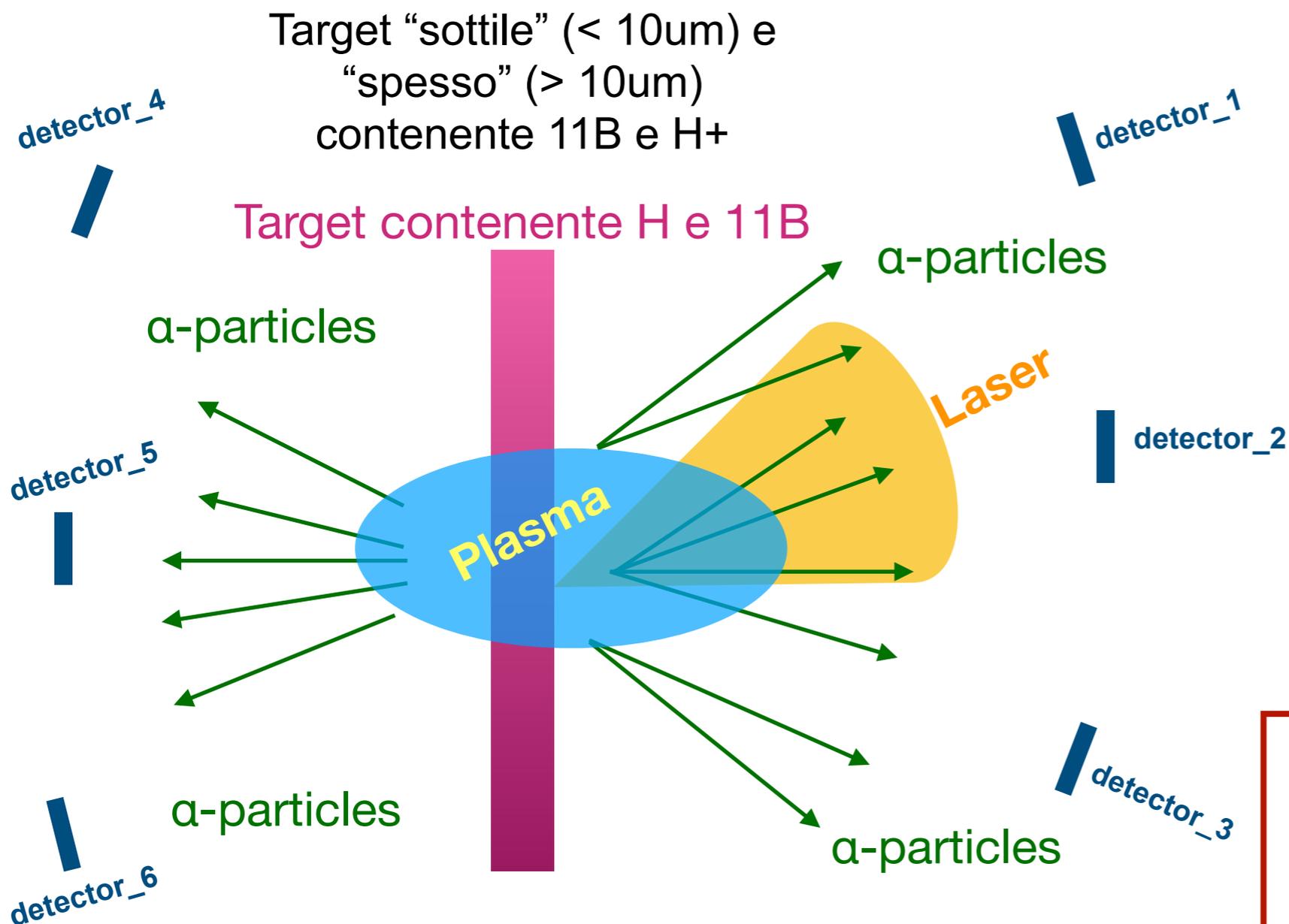
WP4

- Diagnostic preparation for the WP1

WP1: reaction study in plasma;

Responsabili: GAP Cirrone (INFN) e F Consoli (RM2-ENEA);

FTE: 3.35; **Sezioni:** LNS, RM2 e TIFPA



Schema di una reazione $p-^{11}\text{B}$ attivata in un plasma generato da laser

Si producono e caratterizzano dei **targets** contenenti Boro e Idrogeno in specifiche configurazioni e si irradiano con un **laser**

Si definisce la tipologia e la posizione delle diagnostiche (**d1, ...**) sia della radiazione generata che del plasma

Si misurano, **per ogni sparo laser**: le **caratteristiche del plasma e la radiazione** (alfa e protoni) emessa ai vari angoli

Ottimizzazione della interazione e delle capacità diagnostiche al fine di incrementare il numero di reazioni $p-^{11}\text{B}$

Laser pulse characteristics

Duration: 300 ps

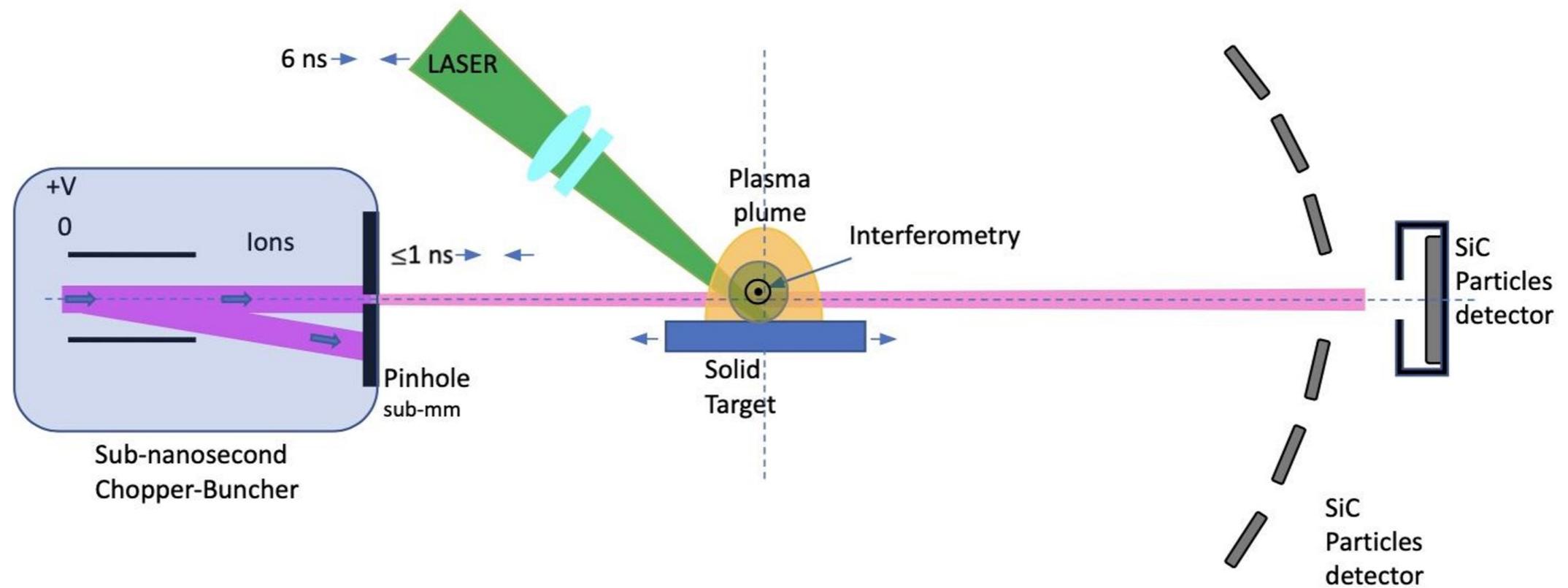
Contrast: $10\text{E}-7$

Energy: up to 1000 J

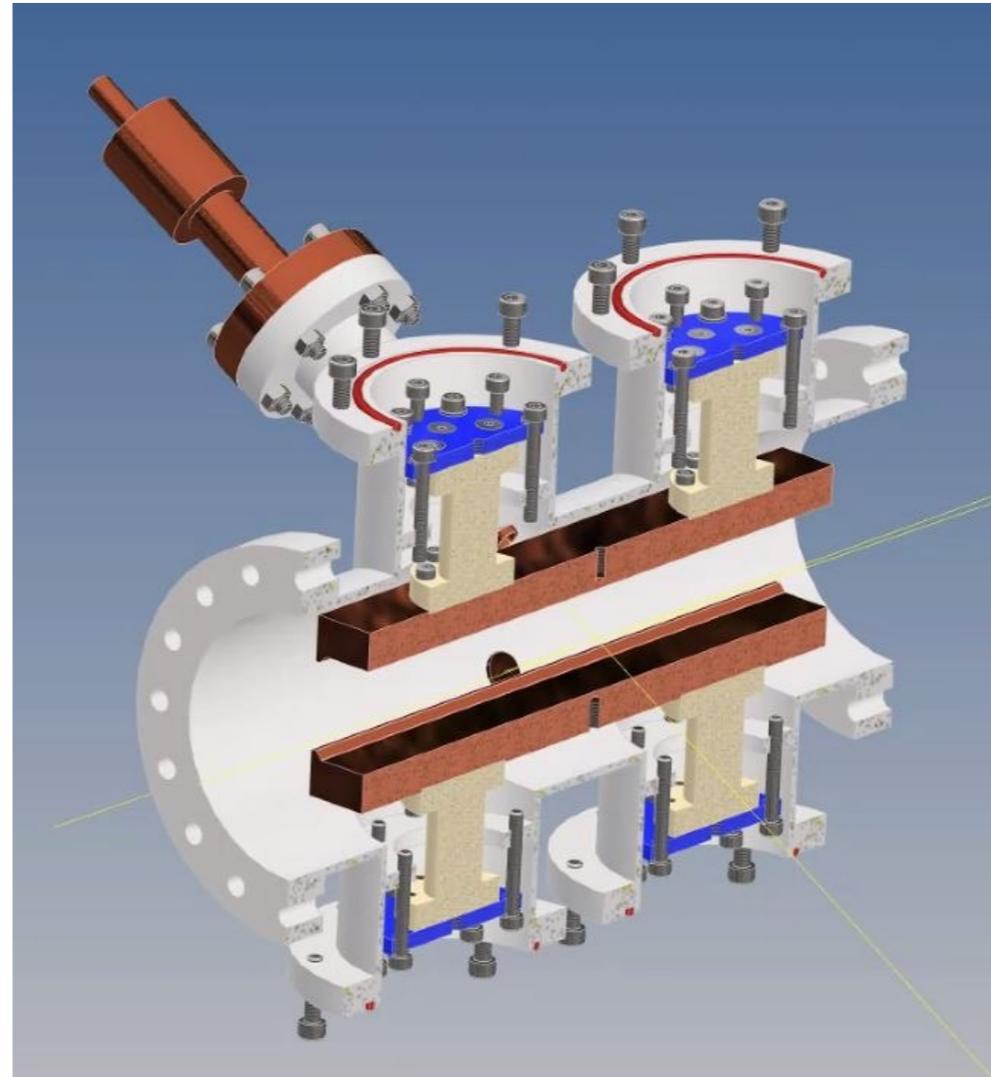
Power on target: 3 TW

Intensity on target: 10^{16} W/cm²

WP2: Conventional protons interaction with a Boron plasma



Chopper-Buncher

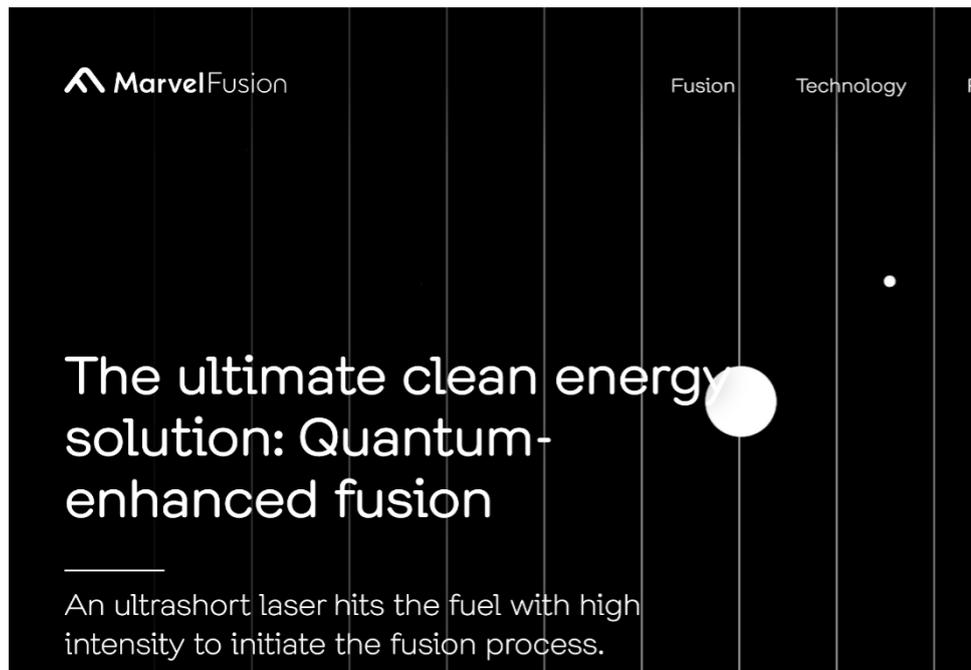


FUSION Sections

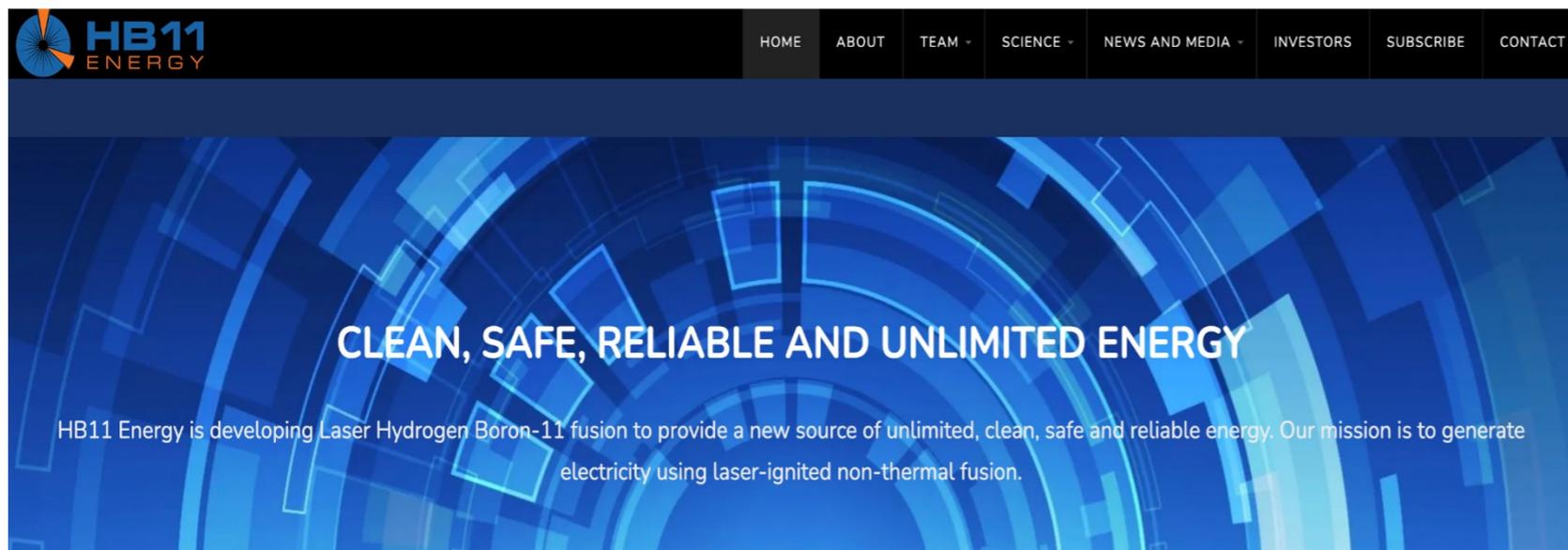
INFN Unit	Local Responsible	Institution	WPs activity
Bologna	Dr Fabrizio Odorici	INFN of Bologna (I)	WP2, WP5
Catania	Prof Antonio Trifiro'	University of Messina (I)	WP2, WP3, WP5
Firenze	Prof Gabriele Pasquali	University of Florence (I)	WP2, WP5
Lecce	Prof Rosaria Rinaldi	University of Salento (I)	WP3
LNGS	Prof Libero Palladino	University of l'Aquila (I)	WP2, WP5
LNS	Dr Giacomo Cuttone	INFN-LNS, Catania (I)	WP1, WP2, WP3, WP4, WP5
Milano	Dr Davide Bortot	Milan Polytechnic, (I)	WP3, WP4, WP5
Roma 2	Prof Claudio Verona	University of 'Tor Vergata', Rome (I)	WP1, WP2, WP3, WP4, WP5
TIFPA	Dr Antonino Picciotto	Fondazione Bruno Kessler, Trento (I)	WP1, WP3
Torino	Dr Raffaella Testoni	Turin Polytechnic (I)	WP4

Interests from Companies

- Commercial interest is demonstrated by the activity of private companies
- Clean energy from proton-Boron
- New irradiation schemes and **targets**
- Interests in **collaborative processes** already started with ENEA, INFN, ELI, etc



<https://marvefusion.com/>



<https://hb11.energy/>

Ongoing initiatives



→ formation of a critical mass and a common front for preparation of EU proposals (i.e. Horizon Europe and ERC Calls)



Cost action on the wide use of $p\text{-}^{11}\text{B}$: approved!

35
Institutes



ProBoNO: PROtonBORon Nuclear fusion: from energy production to medical applicatiOns

Energy applications

Medical applications

Table-top sources

Radioisotopes



Patents:

EP 2 833 365 A1 - reaction scheme

EP3266470A1 - medical applications

Richieste ed FTE

13

Consumabili	8.0
Impianti	0
Attrezzature	36.5 (*)
Altre spese	0
Missioni	4.0
Transport	1.0

Cirrone	10
Castro	0
Giardina	20
Giuffrida	70
Guardo	??
Guarrera	50
Kurmanova	50
Lanzalone	10
Margarone	80
Torrisi	??
Fiori	100
Petringa	??