



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia  
e lo sviluppo economico sostenibile



*Ministero dello Sviluppo Economico*

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Progetto concettuale e di dettaglio di elemento di combustibile  
prototipico per sistemi LFR

*P. Turrioni*

Report RdS/2012/038

PROGETTO CONCETTUALE E DI DETTAGLIO DI ELEMENTO DI COMBUSTIBILE PROTOTIPICO PER SISTEMI LFR

P. Turrone - ENEA

Settembre 2012

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale

Progetto: Nuovo nucleare da fissione: collaborazioni internazionali e sviluppo competenze in materia nucleare

Responsabile del Progetto: Mariano Tarantino, ENEA

**Titolo**
**Progetto Concettuale e di dettaglio di elemento di combustibile prototipico per sistemi LFR.**
**Descrittori**

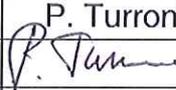
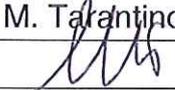
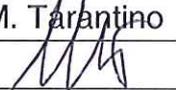
**Tipologia del documento:** Specifica Tecnica di Componente  
**Collocazione contrattuale:** Accordo di programma ENEA-MSE: tema di ricerca "Nuovo nucleare da fissione"  
**Argomenti trattati:** Tecnologia dei metalli liquidi  
 Combustibile Nucleare  
 Generation IV Reactors

**Sommario**

Il documento costituisce la specifica tecnica dello studio di fattibilità, affidato ad FN, relativo ad alcuni dettagli di FA secondo un paio di progetti concettuali relativi ai reattori LFR. Il primo è un fascio di barrette con guaina con una disposizione su reticolo quadrato mantenuto da griglie spaziatrici senza il supporto strutturale di una scatola esterna. Questa opzione prevede barrette "vented" ovvero liberate dalla presenza di "gas di fissione" interno. La connessione particolare delle singole barrette alla griglia di piede necessita una verifica preliminare della sua fattibilità con capacità di tenuta.

Il secondo studio verte sul concetto di FA a sezione esagonale con scatola e griglie spaziatrici previsto attualmente nel progetto dimostrativo di reattore e piombo ALFRED. In particolare lo studio prende in esame il concetto di realizzazione delle griglie spaziatrici e la fattibilità del montaggio di insieme delle barrette del fascio all'interno della scatola.

**Note**
**Copia n.**
**In carico a:**

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE	18/09/2012	NOME	P. Turrone	M. Tarantino	M. Tarantino
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA		REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

## Indice

Indice .....	2
Introduzione .....	3
Studio di fattibilità di giunto di una "barretta "vented" - Configurazione geometrica di riferimento.....	3
Analisi di fattibilità di montaggio di un fascio esagonale di barrette trattenuto da griglie spaziatrici all'interno di una scatola esagonale. ....	6

## Introduzione

Il presente documento rappresenta una breve specifica tecnica dello studio di fattibilità, da eseguirsi nell'ambito del PAR2011 dell'accordo di programma MSE affidato ad FN, relativo ad alcuni dettagli di FA secondo un paio di progetti concettuali relativi ai reattori LFR ovvero Reattori Veloci raffreddati a Piombo.

Lo studio prende in considerazione due concetti di FA: Il primo è un fascio di barrette con guaina con una disposizione su reticolo quadrato mantenuto da griglie spaziatrici senza il supporto strutturale di una scatola esterna. Per le barrette di questo fascio, concepito in una prospettiva di progetto futura in cui si vorranno perseguire maggiori valori di Burn-up del combustibile, si vuole esplorare una opzione progettuale che prevede la rimozione del gas di fissione dalla zona di guaina convogliarlo e disporre l'accumulo in una altra zona del FA lontano dalla zona attiva e in volumi tali da non generare forti incrementi di pressione interna di guaina con l'accrescersi del livello di burn-up. Questa opzione prevede una connessione delle singole barrette alla griglia di piede che necessita una verifica preliminare della sua fattibilità con capacità di tenuta.

Il secondo studio verte sul concetto di FA a sezione esagonale con scatola e griglie spaziatrici previsto attualmente nel progetto dimostrativo di reattore e piombo ALFRED. In particolare lo studio prende in esame il concetto di realizzazione delle griglie spaziatrici e la fattibilità del montaggio di insieme delle barrette del fascio all'interno della scatola.

## Studio di fattibilità di giunto di una "barretta "vented" - Configurazione geometrica di riferimento.

Gli schemi di supporto sono quelli riportati qui di seguito da cui si possono dedurre (con le considerazioni di scala) le configurazioni geometriche fondamentali da considerare nello studio. In sintesi i parametri principali da assumere per lo studio sono

Reticolo a cella quadrata di fascio aperto con Passo/Diametro 12,9/10,3 mm

Il peduncolo di supporto della barretta ricavato da un cilindro con foro assiale di ventilazione vede un primo restringimento da  $\varnothing=10,3$  a 7,0 ed infine 5,0 mm.

Fissati i parametri di maglia del reticolo e del rapporto Passo/Diametro

per le barrette la traversa di supporto deve risultare in una struttura complessiva che limiti ove possibile di rappresentare ostruzione al flusso assiale di raffreddamento barrette. Pertanto:

La traversa a cui il peduncolo deve essere accoppiato si presenta con una sezione corrente trasversale spessa 5 mm con ingrossamento al nodo di giunzione col peduncolo che resta all'interno di cerchio concentrico con raggio  $\leq 9$  mm.

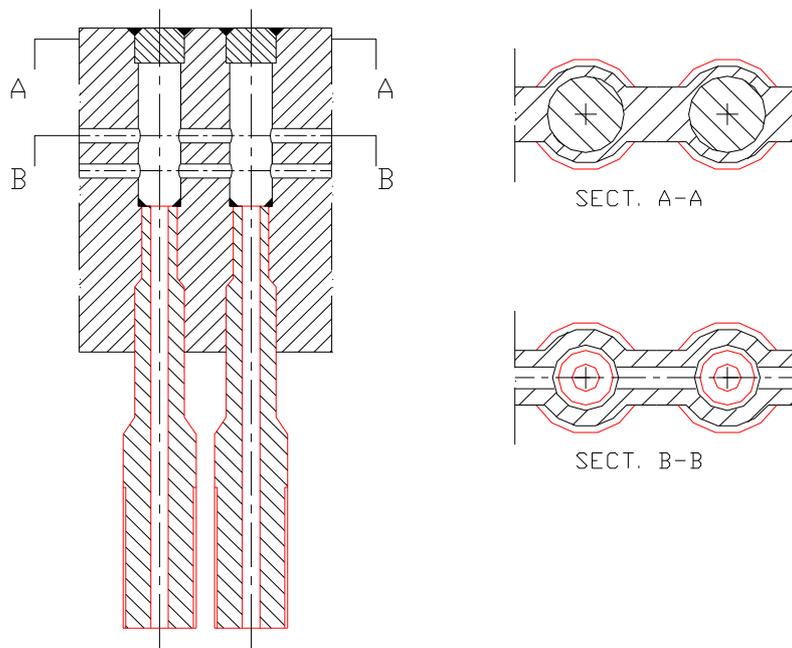
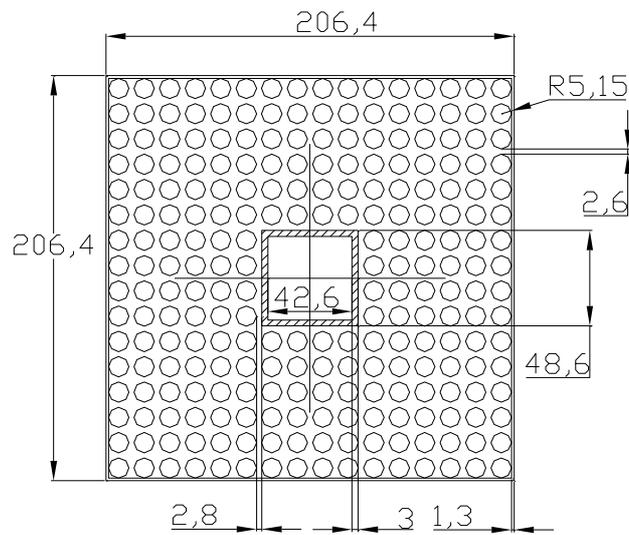
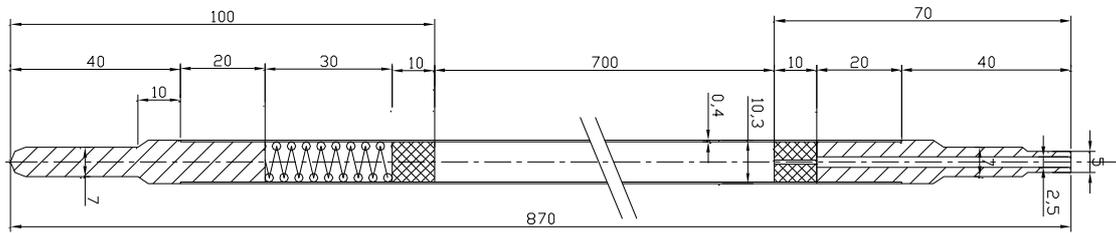


Figura 1 Schema di principio di un FA per LFR con barrette ventilate

## **Analisi di fattibilità di montaggio di un fascio esagonale di barrette trattenuto da griglie spaziatrici all'interno di una scatola esagonale.**

Reticolo a cella triangolare equilatera di fascio con Passo/Diametro 13,86/10,5 mm

Il fascio delle barrette è tenuto lungo l'asse sul reticolo a celle esagonali da griglie spaziatrici (3 o 4) che trattengono le barrette con azioni di pinzamento tramite lamelle elastiche.

Le griglie spaziatrici non sono ancora definite in dettaglio ma concettualmente saranno costituite da sottili strisce di acciaio (15.15 lo stesso di guaina) opportunamente sagomate ed intagliate (a mo' di pettine) in modo da poter essere montate incrociate a formare il reticolo desiderato ( con strisce "Dritte" e "Traverse" che possono essere identiche o diversificate) e ad offrire le "lamelle elastiche" e "bugne di riscontro" per trattenere con forzamento elastico le barrette al centro della cella.

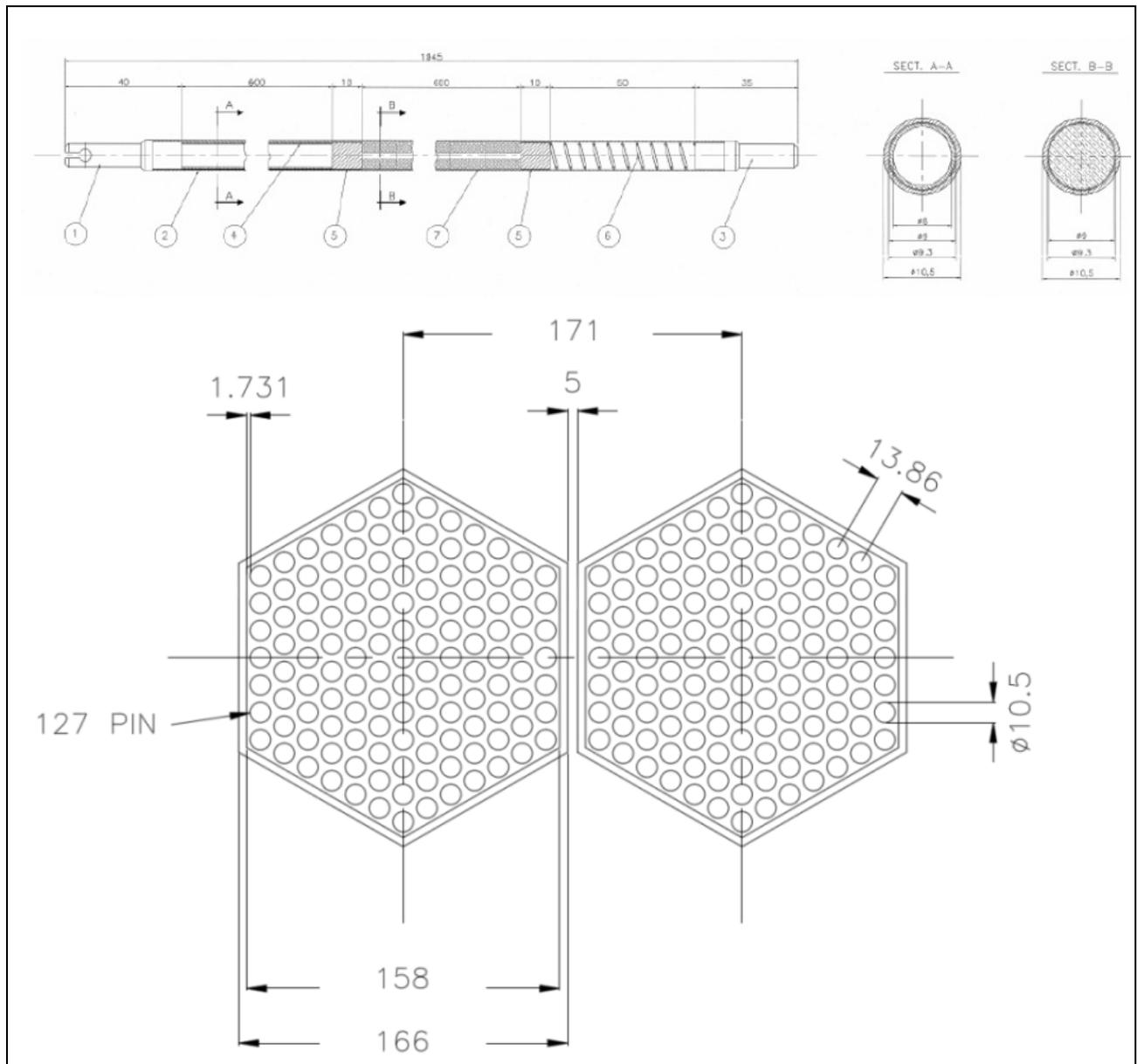


Figura 2 – Barretta combustibile e disposizione nel fascio esagonale di un FA con scatola per LFR

Come esplorazione concettuale su come potranno essere disegnate in dettaglio le griglie (Il disegno delle griglie non è compreso nello studio in oggetto ma è accettato qualunque suggerimento scaturisca per gli aspetti di montaggio finale) riporto alcuni schemi in Figura 3a) e 3b). L'angolo di incrocio delle lamella nella soluzione a Rombo ed a Esagono è lo stesso e diverso da quello delle celle Rettangolo.

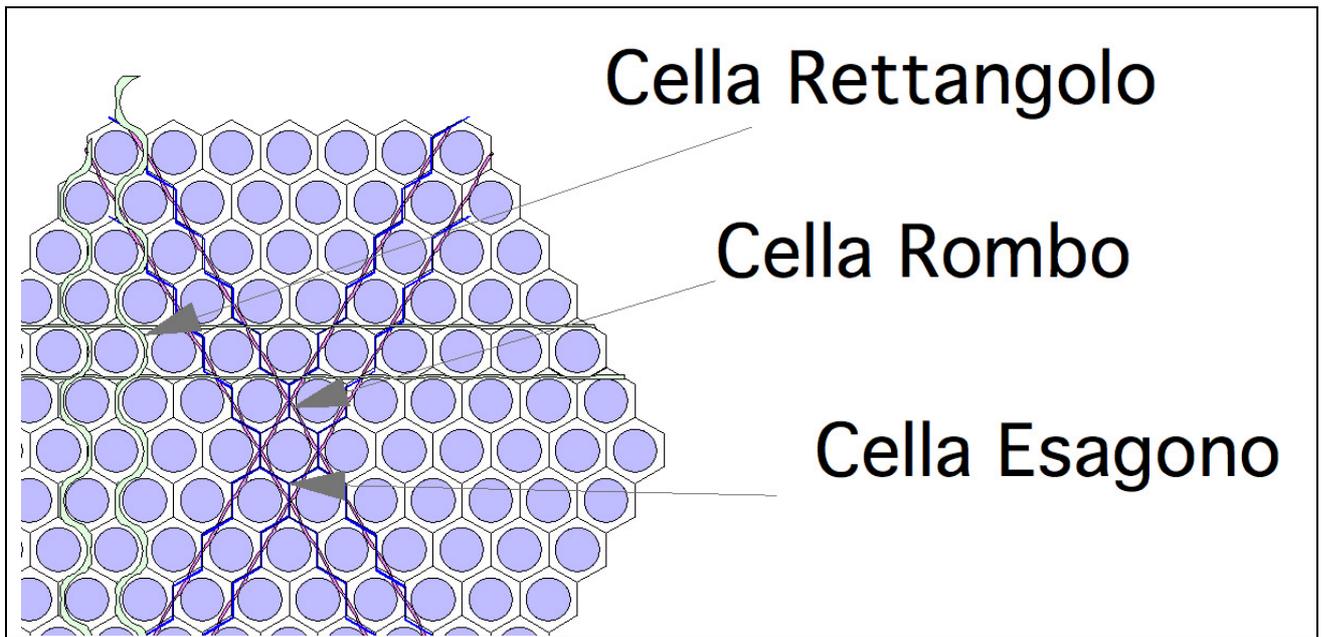


Figura 3 a – Schemi di principio di griglie spaziatrici di un FA esagonale con scatola – particolare su celle di varia geometria

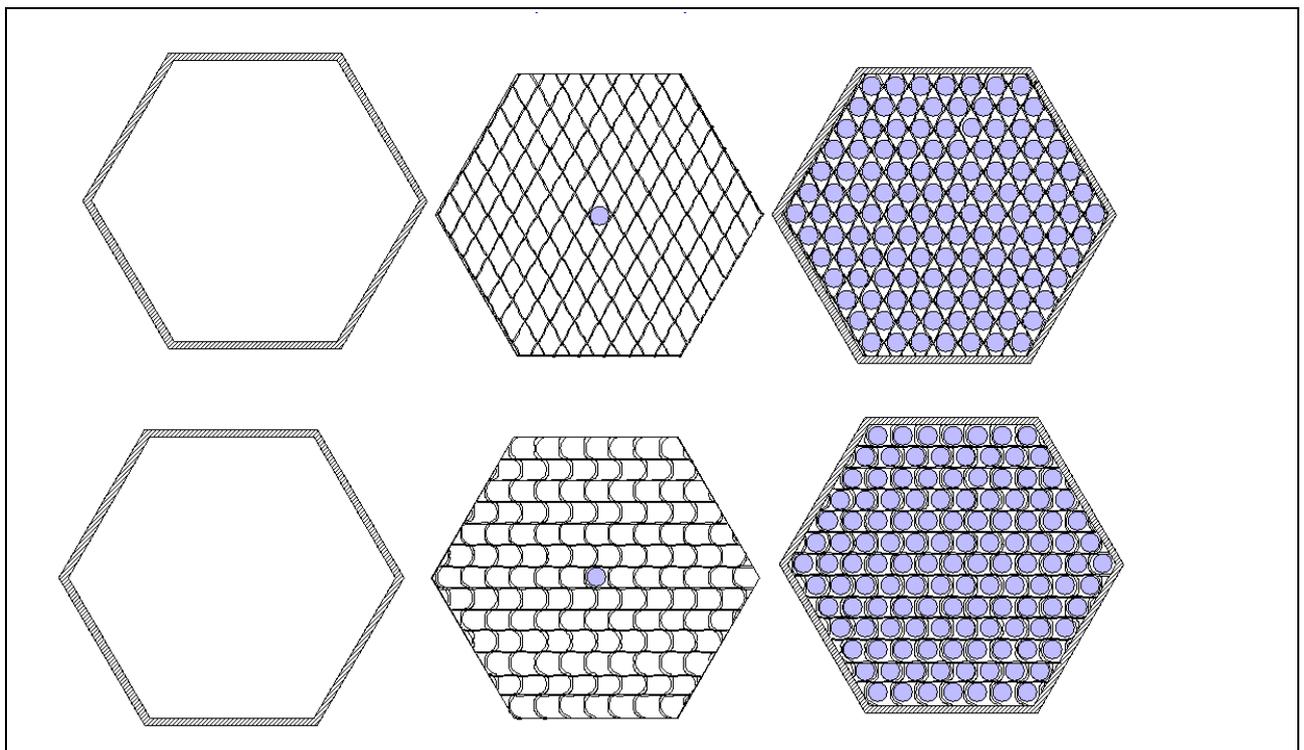


Figura 3 b – Schemi di principio di griglie spaziatrici di un FA esagonale con scatola – vista del reticolo generale con celle di varia geometria

Una ulteriore griglia a di supporto al piede fornisce la sicurezza di vincolo di scorrimento assiale di ogni singola barretta rispetto al fascio. Come si avrà modo di notare anche questa griglia di fondo che riceve le barrette per inserimento laterale pone dei vincoli sulla procedura di montaggio del fascio nella scatola potendosi ammettere solo una saldatura circonferenziale finale di chiusura della scatola nella parte del suo piede (lontano dalle condizioni di alto flusso neutronico).

Il fascio, che comunque deve essere composto con griglie spaziatrici e griglia di fondo, deve alla fine essere calzato all'interno della scatola esagonale, avendo certezza che le griglie spaziatrici sono assialmente disposte in modo fermo sicuro e predeterminato e considerando che il bordo interno della scatola esagonale è posto oltre 0,228 mm oltre la tangente della mancata successiva corona di barrette.

Questa ultima interfaccia rappresenta anch'essa un dato delicato e di interesse in quanto ha ripercussioni sulle anomalie di refrigerazione delle barrette di bordo e di angolo.

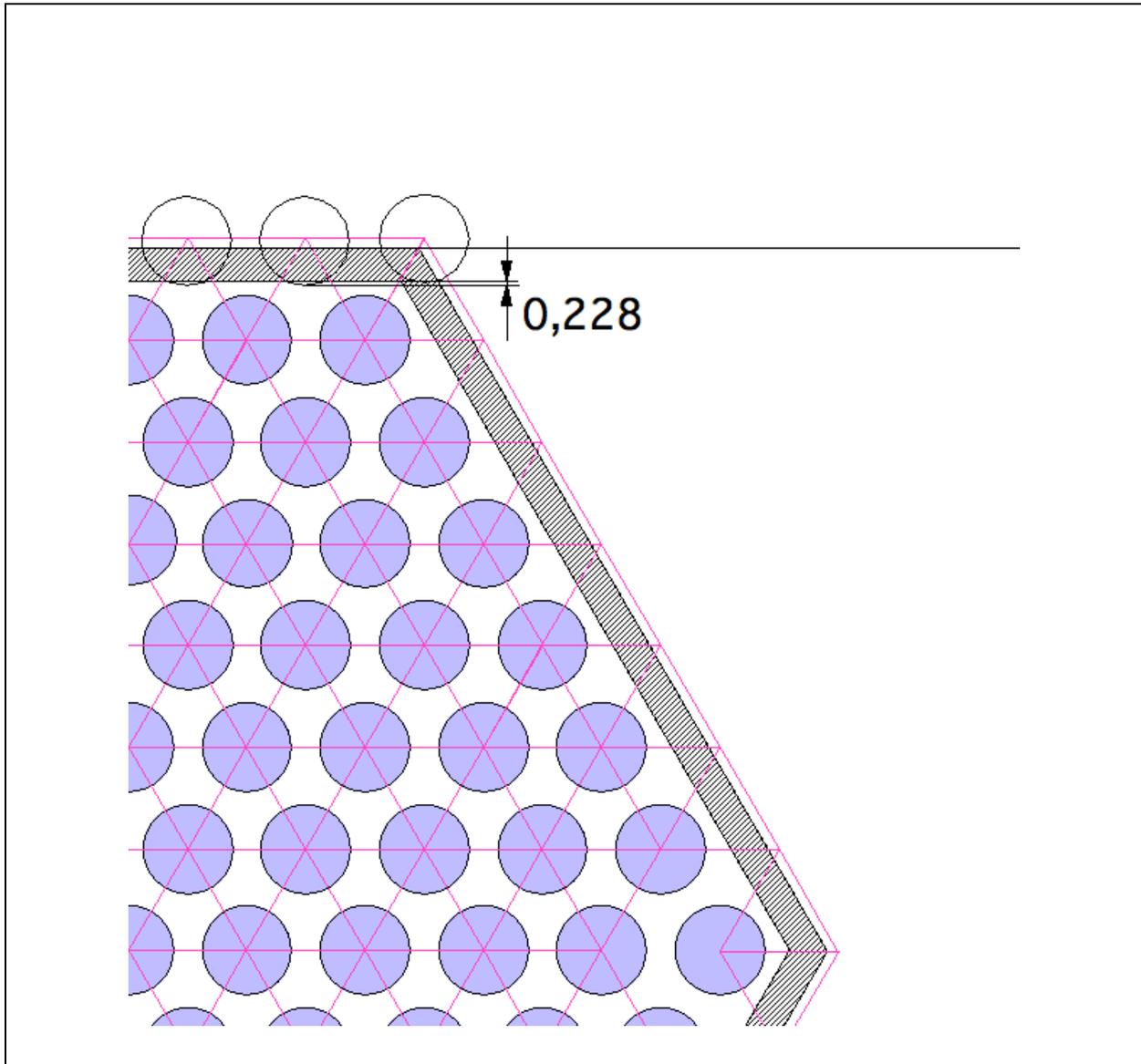


Figura 4 - Schema di principio di reticolo barrette in un FA esagonale con scatola – vista di dettaglio delle posizioni di angolo