

## POLITECNICO DI TORINO

### ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE I SESSIONE- ANNO 1998

Ramo NUCLEARE

TEMA n.ro 2

Nell'ambito delle attività di ricerca e sviluppo di una azienda che progetta sistemi e componenti per la produzione di energia elettrica da fonte nucleare, è stato deciso di effettuare un progetto di massima dei parametri termofluidodinamici del sistema di trasporto dell'energia prodotta in un impianto nucleare innovativo denominato Amplificatore di Energia (EA).

Con riferimento agli schemi di principio di fig. 1, 2 il core è costituito da una struttura sottocritica le cui specifiche tecniche di riferimento sono:

fattore di moltiplicazione sottocritico nominale:	$k=0.98$
coefficiente di reattività per effetto doppler :	$\alpha_f=-1.37$ pcm
coefficiente di reattività dei vuoti	$\alpha_v=+1000$ pcm
massa del combustibile	$M_f=28.41$ t
tipo di combustibile:	Ossido di Torio e Ossido d'uranio
potenza termica nominale del core	$P_{th}=1500$ MW
densità media di potenza nel combustibile	$q_v=523$ W/cm <sup>3</sup>
potenza specifica del core	$q_s=52.8$ W/g

Le fig. 3 e 4 riportano alcuni dati caratteristici per le barrette di combustibile e per la loro disposizione nel core.

La rimozione della potenza dal core si intende effettuarla con la circolazione di piombo fuso realizzando un salto di temperatura media nel core di 200 °C. In sede di progetto si intende privilegiare la rimozione della potenza termica prodotta con sistemi intrinseci (circolazione naturale). In presenza di rilevanti limiti tecnologici si può optare per una circolazione assistita purchè sia rispettato il vincolo di rimozione della intera potenza di decadimento del nocciolo con la sola circolazione naturale.

Con riferimento alle seguenti proprietà termofisiche del piombo:

temperatura di fusione	$T_m=328$ °C
temperatura di ebollizione	$T_b=1743$ °C
calore specifico	$c_p=0.15$ kJ/kg°C
densità (a 600 °C)	$\rho=10.33$ kg/dm <sup>3</sup>
conducibilità termica	$k=16.45$ W/m°C
viscosità dinamica	$\mu=1.55 \cdot 10^{-3}$ Ns/m <sup>2</sup>
tensione superficiale	$\sigma=0.431$ N/m
coefficiente di dilatazione volumica	$\beta=1.3935 \cdot 10^{-4}$ 1/°C

variazione della densità del piombo con la temperatura:

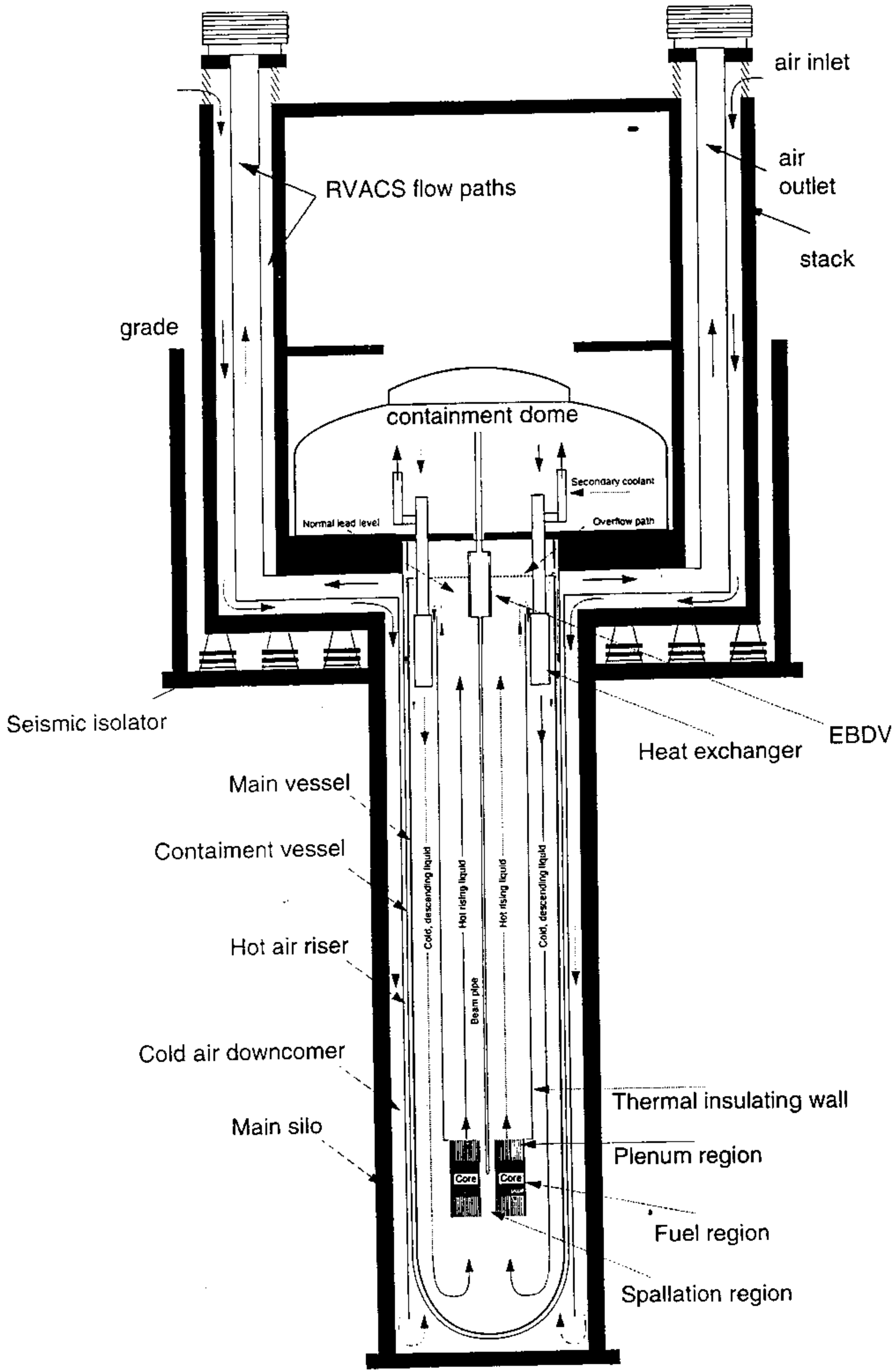
$$\rho = \rho_m + \Lambda(T - T_m)$$

$$\rho_m = 10.67 \text{ kg/dm}^3$$

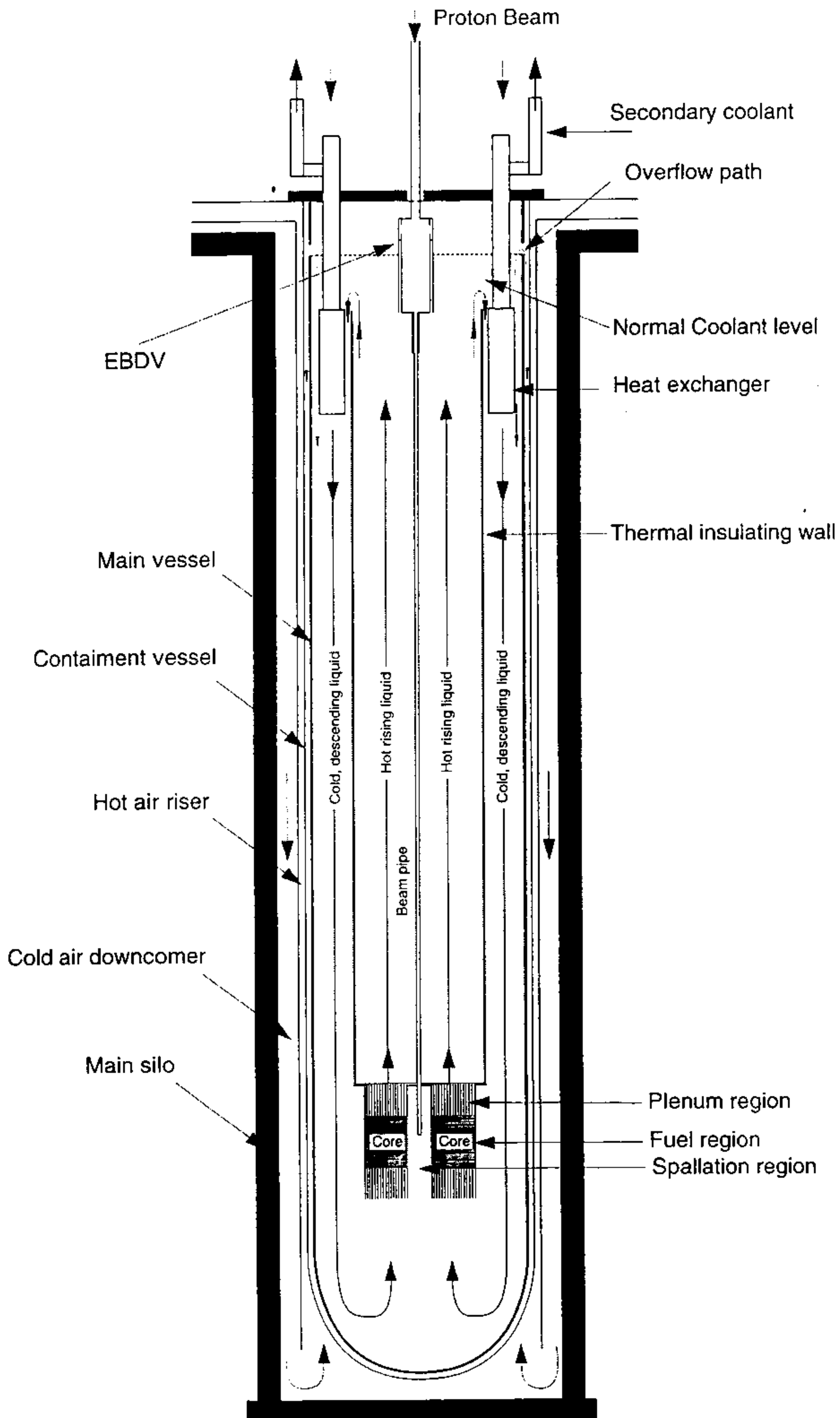
$$\Lambda = -1.32 \text{ kg/m}^3\text{°C}$$

Elaborare il progetto definendo i seguenti aspetti:

1. Dimensioni caratteristiche del core (diametro, numero barrette, numero di fasci di barre, altezze ecc).
2. Portata di piombo necessaria per la rimozione della potenza termica nominale.
3. Portata di piombo necessaria per la rimozione della potenza termica di decadimento dei prodotti di fissione, supposta pari al 10% della potenza termica nominale.
4. Valutare le sezioni nette di passaggio del refrigerante nel core e nelle regioni non attive dal punto di vista neutronico, caratterizzando le velocità medie del refrigerante.
5. Cadute di pressione per attrito continuo nel nocciolo ipotizzando l'impiego di barrette con reticolo triangolare equilatero (fig. 3 e 4) con passo 12.43 mm e diametro delle barrette 8.2 mm; i fasci di barre hanno forma esagonale con distanza tra i lati pari a 234 mm.
6. Disposizione degli elementi di combustibile nel core, considerando gli schemi di riferimento di fig. 3 e 4 (fare una sezione quotata) ipotizzando per la regione di interazione tra il fascio protonico e il piombo una sezione uguale a quella di un fascio di barre esagonale. Definire anche le dimensioni caratteristiche del vessel.
7. Vincoli sulle cadute di pressione per attrito localizzato su tutto il circuito, al fine di non superare il rapporto altezza del riser- diametro del core pari a 10. Qualora le cadute di pressione per attrito continuo siano maggiori del promotore di circolazione disponibile, stimare la prevalenza delle pompe che assicurano la circolazione. Calcolare anche la densità media del fluido nel riser che consenta il non utilizzo delle pompe e valutare la frazione di vuoto ed il titolo della miscela bifase piombo fuso-argon che assicuri la circolazione, nell'ambito di un modello omogeneo. Per l'argon si assuma un comportamento di gas perfetto con la costante di elasticità pari a:  $R^* = 208.17 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ .
8. Stima delle perdite di calore dal vessel. Esse devono essere tali da assicurare una sicurezza intrinseca al sistema.
9. Stima delle superfici di scambio termico da associare a quattro scambiatori di calore nell'ipotesi di realizzare un coefficiente globale di scambio termico di  $5000 \text{ W/m}^2\text{°C}$  e di voler produrre vapore surriscaldato a  $570 \text{ °C}$  e 150 bar partendo da acqua preriscaldata a  $340 \text{ °C}$ .
10. Discutere i problemi tecnologici che richiedono una qualificazione sperimentale (materiali, compatibilità chimiche, aspetti termomeccanici e termofluidodinamici).



1  
Figure 4.1a



2  
Figure 4-1b

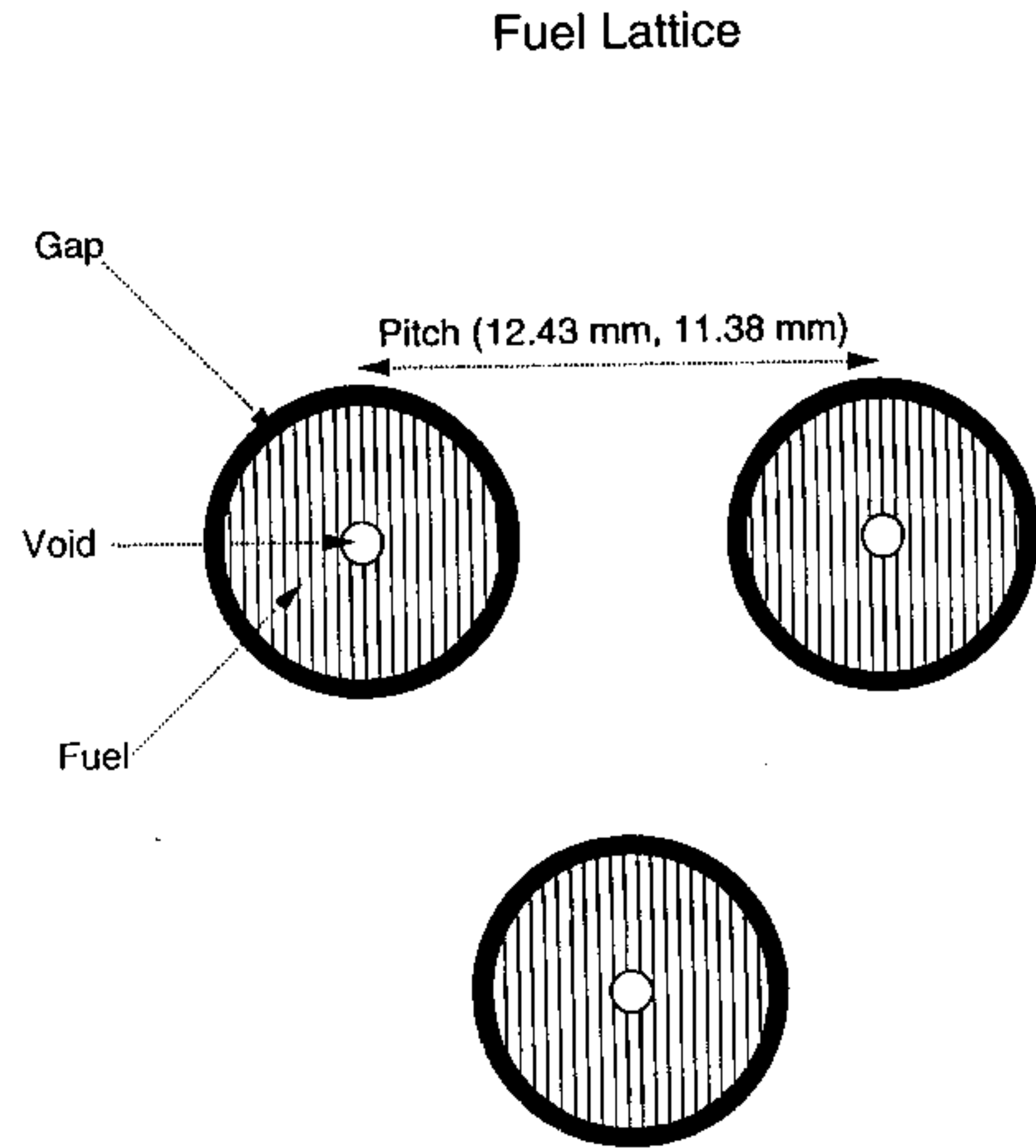
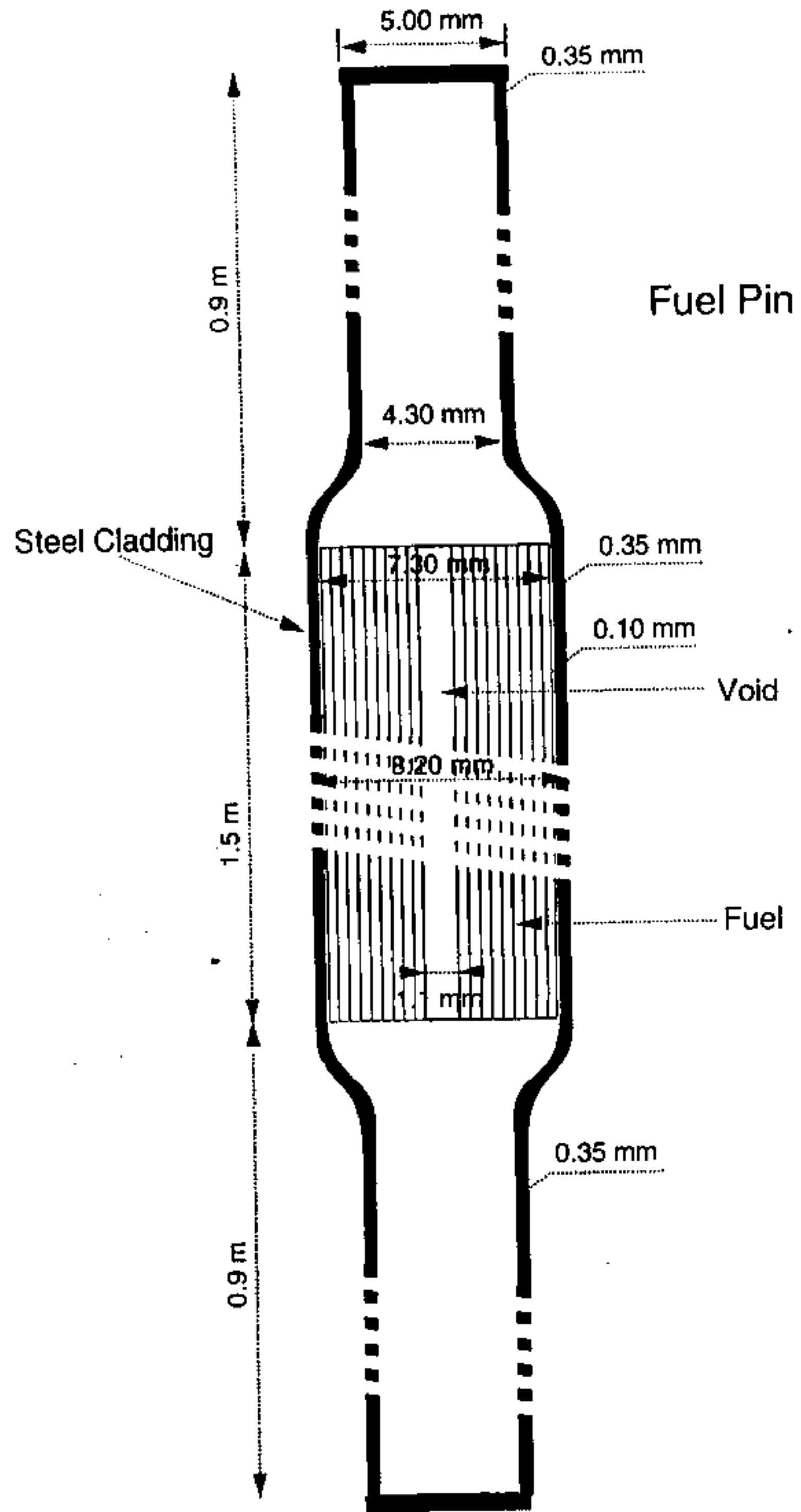
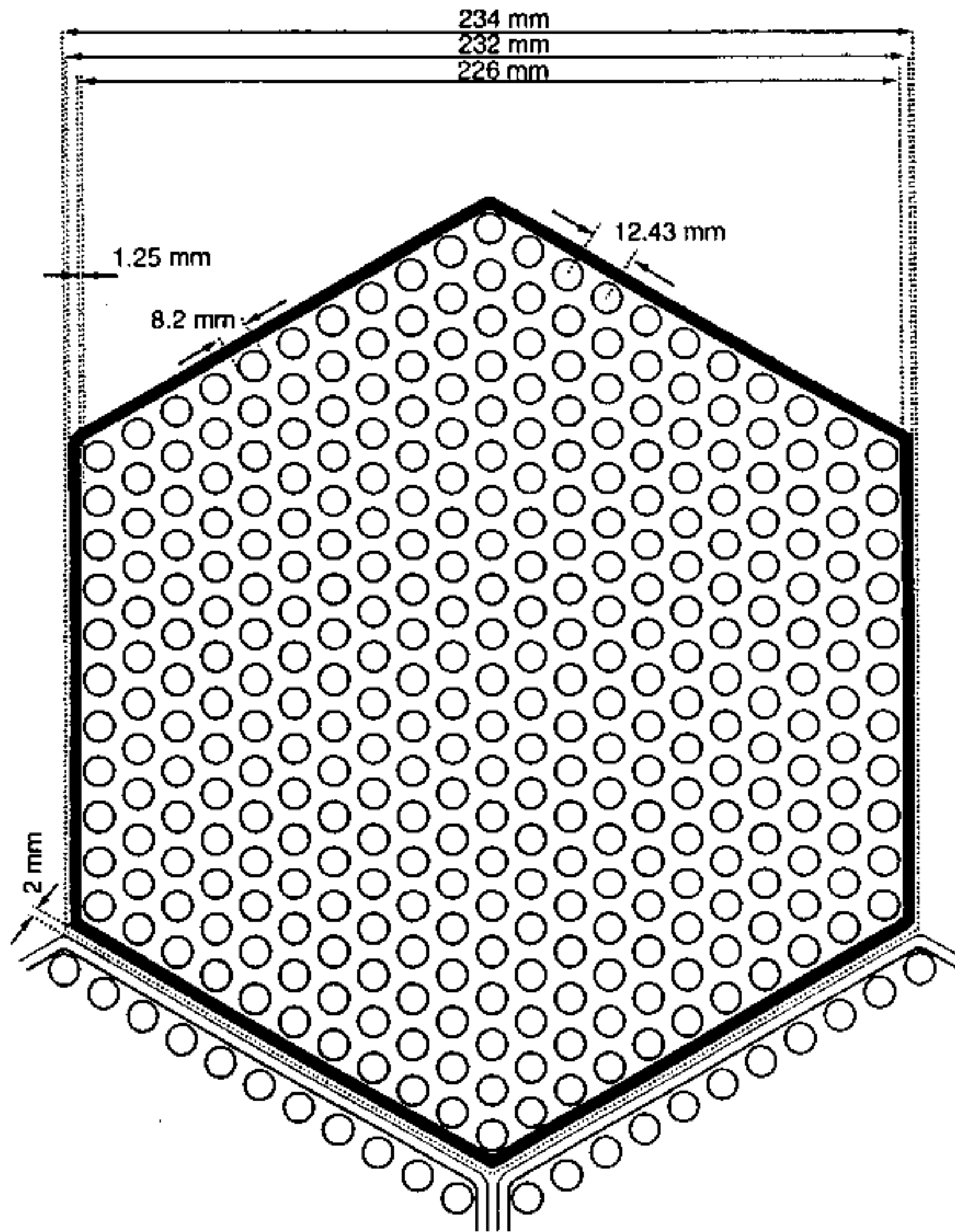


Figure 3

Fuel Bundle: Inner Core



Fuel Bundle: Outer Core

