

# REATTORI NUCLEARI

1/2

UN REATTORE NUCLEARE È UN IMPIANTO DI POTENZA (= PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA) CHE SI BASA SULLA REAZIONE DI FISSIONE NUCLEARE:



IN ALTRE PAROLE, UN NEUTRONE URTA CONTRO UN NUCLEO DI FISSILE (PER LO PIÙ URANIO  ${}^{235}\text{U}$ ) E LO SPACCA IN DUE PARTI, DUE NUCLEI DETTI PRODOTTI DI FISSIONE (P.F.), MOLTO RADIOATTIVI E QUINDI MOLTO PERICOLOSI (È QUESTO IL TALLONE D'ACHILLE DEI REATTORI NUCLEARI); VIENE EMESSA ANCHE ENERGIA (UN MILIONE DI VOLTE SUPERIORE A QUELLA DELLA REAZIONE DI COMBUSTIONE) ED UN NUMERO VARIABILE DI NEUTRONI, IN MEDIA SONO EMESSI 2,43 NEUTRONI. ESSI RAGGIUNGONO ALTRI NUCLEI DI URANIO CHE FISSIONANO, E SI HA COSÌ UNA REAZIONE A CATENA. BASTA METTERE ASSIEME UNA MASSA DI FISSILE PARI ALLA MASSA CRITICA AFFINCHÈ QUESTA FISSIONE SPONTANEA (BASTA UN NEUTRONE CHE ABBIAMO DAUO SPAZIO).

PERÒ C'È UN PROBLEMA. I NEUTRONI EMESSI DALLA FISSIONE SONO VELOCI, CHE ASSAI ENERGETICI, MA PER DARE VITA AD ALTRE FISSIONI ESSI INVECE DEVONO ESSERE A BASSA ENERGIA, CIOÈ TERMICI. COME FARE? NEL NUCLEO (CORE) DI UN REATTORE, OLTRE AL FISSILE, DEVE ESSERE PRESENTE UN MATERIALE DETTO MODERATORE, CONTRO IL CUI AZIONI I NEUTRONI URTANO E, PER ATTRITO, PERDONO ENERGIA E SI RIVOLGONO DA VELOCI A TERMICI. IL MODERATORE DEVE AVERE ATOMI ASSAI PESANTI (PER FAR SÌ CHE, URTANDO, I NEUTRONI PERDANO ENERGIA) E CON "BASSA SEZIONE D'URTO DI CATTURA NEUTRONICA", CIOÈ DEVE CATTURARE POCCHI NEUTRONI, ALTRIMENTI NON NE RESTANO ABBASTANZA PER LA FISSIONE. STESSO DISCORSO VALE PER IL REFRIGERATORE, CIOÈ PER IL FLUIDO CHE PENETRA NEL CORE E LO REFRIGERA, PER POI ENTRARE IN TURBINA E MUOVERE UN ALTERNATORE.

IL PIÙ SEMPLICE TRA I MODERATORI POSSIBILI È LA GRAFITE (CARBONIO), CHE ASSORBE POCCHISSIMI NEUTRONI, E QUINDI CONSENTE DI USARE COME COMBUSTIBILE DELL'URANIO NATURALE. INFATTI IN NATURA L'URANIO CONTIENE SOLO LO 0,8% DI FISSILE  ${}^{235}\text{U}$  E IL 99,2% DI INVILILE  ${}^{238}\text{U}$ . PERÒ UN REATTORE A GRAFITE NON PUÒ ESSERE RAFFREDDATO AD ACQUA, PERCHÈ AD ALTA TEMPERATURA ACQUA E GRAFITE SONO TECNOLOGICAMENTE INCOMPATIBILI. L'UNICA POSSIBILITÀ È RAFFREDDARLO CON AMMONIACO.

QUEST'AMMONIACA POTRETTA IN UNO SCAMBIATORE DI CALORE ESTERNO AL REATTORE, GENERANDO VAPORE CHE VA IN TURBINA. IL REATTORE COSÌ DIVENTA FUNZIONA CON URANIO NATURALE MA RICHIEDE UNO SCAMBIATORE DI CALORE, E LE DUE COSE SI COMPENSANO. SICCOME IL COMBUSTIBILE È COSTITUITO DA PASTIGLIE DI OSSIDO DI URANIO IMPELLUCCIATO CON UN LITRO CILINDRO DI OSSIDO DI MAGNESIO, TALE REATTORE È CHIAMATO MAGNOX. IL FATTO DI ESSERE MODERATO A GAS LO RENDE POCO EFFICIENTE. INOLTRE ESSO FUNZIONA AD ALTISSIMA TEMPERATURA, E QUESTO FA SÌ CHE L'URANIO  ${}^{238}\text{U}$  SUBISCA REAZIONE CON I NEUTRONI VELOCI PRODUCENDO URANIO  ${}^{239}\text{U}$ , IL QUALE DECADA BETA E SI TRASFORMA IN PLUTONIO  ${}^{239}\text{Pu}$ , UN FISSILE POTENTE CHE PUÒ ESSERE UTILIZZATO PER COSTRUIRE BOMBE NUCLEARI. QUESTO SPIEGA PERCHÈ MOLTI PAESI HANNO CERCATO DI ADOTTARE QUESTA TECNOLOGIA PER COSTRUIRE UN ARSENALE NUCLEARE.

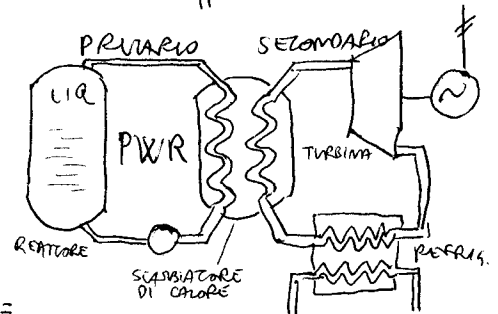
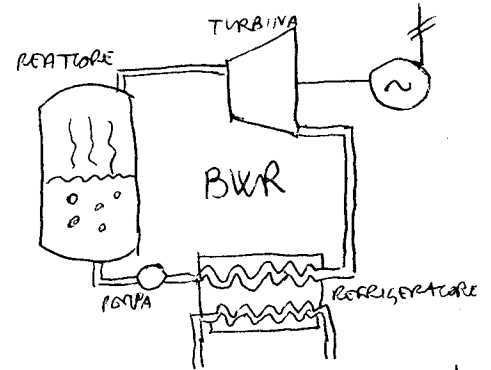
IN SEGUITO IL REATTORE MAGNOX FU PERFETTOMATO DANDO VITA ALL'AGR (ADVANCED GAS REACTOR) E ALL'AVVENIMENTICO HTGR (HIGH TEMPERATURE GAS REACTOR) CHE FUNZIONA CON SFERULE DI URANIO A TEMPERATURA COSÌ ALTA DA QUASI FONDERE. INVECE NELL'EX UNIONE SOVIETICA SI TENZÒ DI COSTRUIRE REATTORI A GRAFITE MODERATI AD ACQUA, OTTENENDO SU INSTABILI REATTORI RBTk. IL REATTORE DI CHERNOBYL (UCRAINA), ORA UN RBTk, È IL 26/4/1986 SUBÌ UN GRAVE INCIDENTE A CAUSA DELL'INERZIA DEGLI INGEGNERI CHE LO CONTROLLAVANO. INVECE LA FILIERA DEL MAGNOX SI SVILUPPÒ IN INGHILTERRA.

L'ALTRA OPPORTUNITA' CHE CI RESTA E' QUELLA DI REALIZZARE REATTORI MODERATI AD ACQUA, PERCHE' ANCH'ESSA HA BASSA SEZIONE D'URTO NEUTRONICA. IL VANTAGGIO CONSISTE NEL FATTO CHE L'ACQUA E' LIQUIDA E PUO' ESSERE USATA ANCHE COME REFRIGERANTE; ESSA PERO' ASSORBE PIU' NEUTRONI DELLA GRAFITE, E QUINDI I CASI SONO DUE.

- 1) PER USARE URANIO NATURALE BISOGNA FAR RICORSO ALL'ACQUA PESANTE, CHE AL POSTO DELL'IDROGENO HA IL SUO ISOTOPO PESANTE DEUTERIO, PERCHE' ASSORBE MENO NEUTRONI. TALE REATTORE PRENDE IL NOME DI CANDU (CANADIAN DEUTERIUM URANIUM) PERCHE' PROGETTATO IN CANADA.
- 2) PER USARE ACQUA ORDINARIA (H<sub>2</sub>O) BISOGNA ARRICCHIRE L'URANIO, MOE AUMENTARE CON TECNICHE PARTICOLARI LA PERCENTUALE DI FISSIVE. L'URANIO ARRICCHITO CONTIENE CIRCA IL 3% DI URANIO 235. E' UN PROCEDIMENTO LUNGO E COSTOSO E LASCIA COME SOTTOPRODOTTO DELL'URANIO IPOVERIZO CHE VIENE USATO PER BOMBE E CORAZZATURA DI CARABINATI, CON GRAVI RISCHI PER I SOLDATI E LE ZONE BOMBARDATE.

I DUE TIPI DI REATTORI PRENDONO IL NOME DI HWR (HEAVY WATER REACTOR) E DI LWR (LIGHT WATER REACTOR). QUEST'ULTIMA FILIERA A SUA VOLTA PRESENTA DUE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE. SE L'ACQUA BOULE DENTRO IL REATTORE, SI PRODUCE VAPORE CHE PUO' ESSERE IMPIEGATO DIRETTAMENTE IN TURBINA. E' UN REATTORE COSTRUTTIVAMENTE SEMPLICE DETTO BWR (BOILING WATER REACTOR), SVILUPPATO DALL'INDUSTRIA GENERALE ELETTRIC.

PERO' UN REATTORE DI QUESTO TIPO NON PUO' ESSERE ASSOLUTAMENTE MONTATO SU NUVI E SOMMERGIBILI, PERCHE' SU SCASSONI RENDONO INSTABILI IL REATTORE AD ACQUA BOULENTE. INOLTRE C'E' IL RISCHIO CHE IL VAPORE (LENTO A CONTACTO CON L'URANIO) TRASCURI VIA PERICOLOSISSIMI PRODOTTI DI FISSIONE, CHE POI POTREBBERO DISPERSI NELL'AMBIENTE ATTRAVERSO LA TURBINA. PER QUESTI MOTIVI L'INDUSTRIA WESTINGHOUSE PRODUSSO I REATTORI PWR (PRESSURE WATER REACTOR). IN ESSI L'ACQUA E' TENUTA AD ALTA PRESSIONE E NON BOULE; ESSA PASSA IN UNO SCAMBIORE DI CALORE E VA IN CIRCOLAZIONE CON ACQUA CHE BOULE, SENZA MAI MISCELARSI CON ESSA. SI TRATTA DI REATTORI COSTRUTTIVAMENTE COMPLESSI, MA MOLTO STABILI ED AFFIDABILI. LA MAGGIOR PARTE DEI REATTORI NEL MONDO SONO PWR; TALE ERA ANCHE IL REATTORE ITALIANO DI TRINO LERCELESE. INVECE LA PRIMA CENTRALE NUCLEARE COSTRUITA IN ITALIA, QUELLA DI GARIBOLDI (1964-1982), ERA UN BWR. SI NOTI CHE IL BWR E' PIU' SEMPLICE COSTRUTTIVAMENTE MA C'E' IL RISCHIO DI INQUINAMENTO, IL PWR E' PIU' COMPLESSO ESSENDO DOTATO DI CIRCUITO PRIMARIO E SECONDARIO, MA E' PIU' SICURO.



PER CONTROLLARE LA CRITICITA' DI QUESTI REATTORI SI USANO BARRE DI CADMIO CHE, INTERITE NEL REATTORE, ASSORBONO TUTTI I NEUTRONI ED IMPEDISCONO CHE LA REAZIONE PROSEGUA. SONO STATI ANCHE PROGETTATI DEI REATTORI VELOCI CHE SFRUTTANO PER LA REAZIONE PURE I NEUTRONI VELOCI E L'URANIO 238, MA QUESTA FILIERA NON HA AVUTO MOLTA FORTUNA ANCHE A CAUSA DELLA COMPLESSITA' COSTRUTTIVA E DEGLI INCIDENTI CHE ANDAVANO SOTTOSTATI.

TIPO DI REATTORE	COMBUSTIBILE	MODERATORE	REFRIGERANTE
MAGNOX, AGR	URANIO	GRAFITE	CO <sub>2</sub>
CANDU (HWR)	URANIO	ACQUA PESANTE	ACQUA PESANTE
BWR	URANIO	ACQUA (H <sub>2</sub> O)	ACQUA (H <sub>2</sub> O)
PWR	URANIO	ACQUA IN PRESSIONE	ACQUA IN PRESSIONE