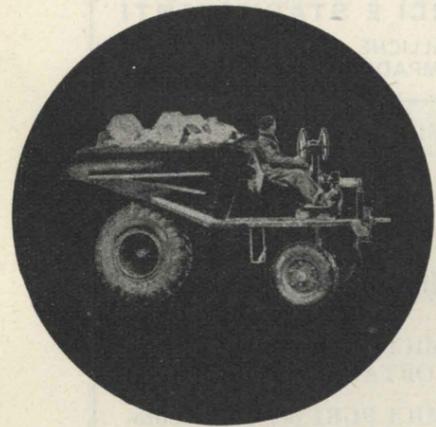
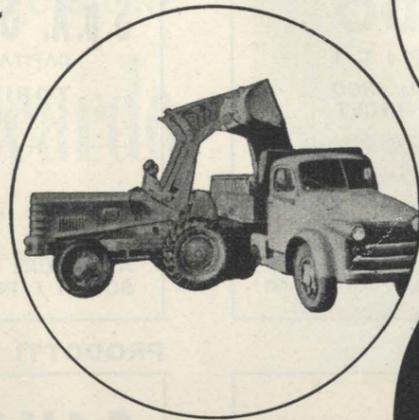


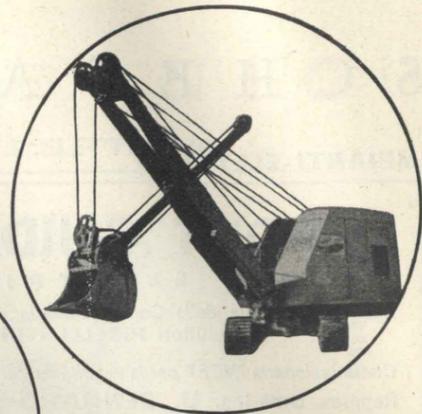
**Tutte le macchine
edili e stradali**



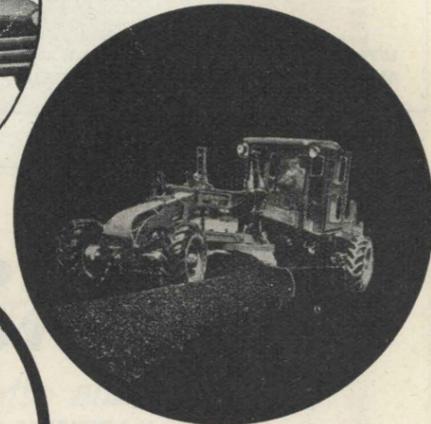
2



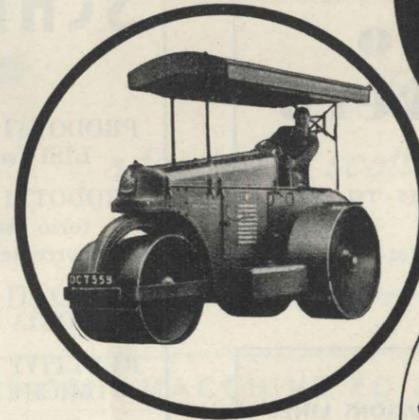
2



1

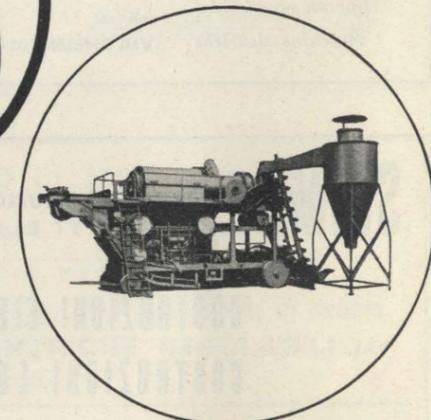


4

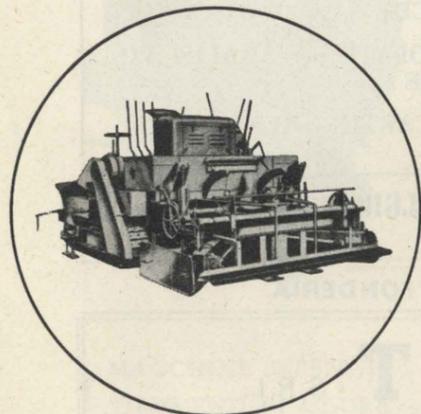


3

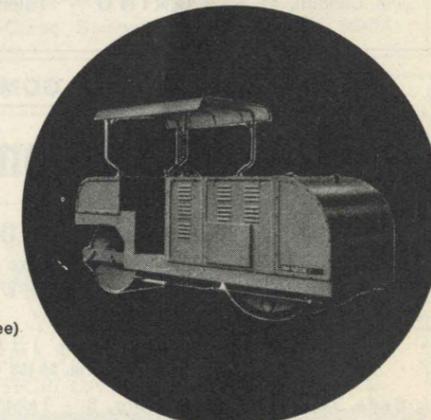
5



6



7



8

- 1 Escavatore Ansaldo Magutt
- 2 Pala caricatrice Jaeger
- 3 Dumper Aveling Barford
- 4 Grader Aveling - Austin
- 5 Rullo Aveling a tre ruote
- 6 Impianto mobile per
pietrischetto bitumato
- 7 Finitrice stradale Pioneer
- 8 Rullo compressore tandem

Milano Via Savona 129
telefoni 470.101 - 470.134 (15 linee)
Roma Via Lega Lombarda 34 - 36
Napoli Via S. Maria del Pianto

Loro e Parisini
s.p.a.

Agenzia di Torino:

Sig. **GIOVANNI SCEVOLA** - Corso Galileo Ferraris 77 - Telefono 58.00.90

ATTI E RASSEGNA TECNICA
DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867
(Aderente all'Associazione italiana della Stampa tecnica, scientifica e periodica)



NUOVA SERIE . ANNO XI . N. 8 . AGOSTO 1957

SOMMARIO

RASSEGNA TECNICA

- G. RIGOTTI - *Il coordinamento delle attrezzature turistiche montane* pag. 347
- G. CESARANI - *Utilizzazione dell'energia atomica* » 356

PROBLEMI

- M. VALENTE - *Una lettera di Benedetto Croce* » 367

INFORMAZIONI

- G. CORONA - *Esempio di applicazione della precompressione alla catena di un arco fortemente caricato* » 369

NOTE DI GIURISPRUDENZA a cura di R. CRAVERO » 373

ORDINE DEGLI INGEGNERI DEL PIEMONTE - Verbale dell'Assemblea Ordinaria annuale degli iscritti all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo del 26 marzo 1957 » 376

CONGRESSI

- Le conferenze O.E.C.E. di informazione sull'energia nucleare per Dirigenti di Industrie, G. BONICELLI* » 377

COMITATO DI REDAZIONE - *Direttore:* Cavallari-Murat Augusto - *Membri:* Bono Gaudenzio; Brunetti Mario; Codegone Cesare; Cravero Roberto; Dardanelli Giorgio; Pozzo Ugo; Laguidara Rocco; Oglietti Giovanni; Riccio Giorgio; Zignoli Vittorio - *Segretario di Redazione:* Carmagnola Piero.

COMITATO AMMINISTRATIVO - *Direttore:* Lapidari Giacomo - *Membri:* Barbero Francesco; Dezzutti Mario; Goffi Achille; Mosso Nicola; Russo-Frattasi Alberto.

Redazione, Amministrazione, Abbonamenti, Pubblicità
PALAZZO CARIGNANO - TORINO - PIAZZA CARIGNANO 5 - TEL. 46.975
Pubblicazione mensile inviata gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. — Per i non Soci: abbonamento annuo L. 3.500. — Prezzo del presente fascicolo L. 500.

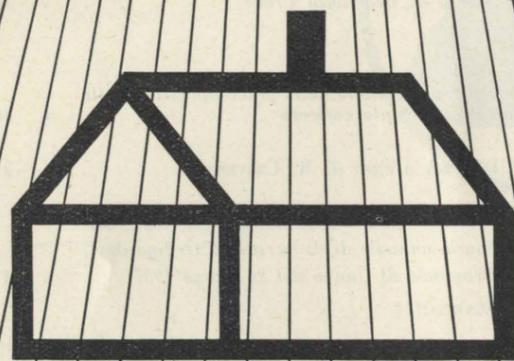
SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE — GRUPPO III

NELLO SCRIVERE AGLI INSERZIONISTI CITARE QUESTA RIVISTA V



**Radiazione diffusa a minima inerzia
Riscaldamento - Raffrescamento
Protezione acustica
(sistema brevettato)**

**Organizzazione Internazionale,
con propri Laboratori Scientifici
per studi e ricerche a Zurigo
e con Sedi in Austria,
Francia, Germania,
Italia, Inghilterra, Olanda,
Spagna e Svizzera**



LICENZIATARIO:
PIEMONTE E LAZIO

Studio ed esecuzioni impianti:

g. SARTORIO e f.º
IMPIANTI TERMICI - RADIAZIONE - CONDIZIONAMENTO
VENTILAZIONE - IDRAULICI SANITARI

TORINO
SEDE: C. RACCONIGI, 28
TELEF. 70.149 - 73.649
C. C. I. A. TORINO N. 51921

ROMA
FILIALE: VIA ARDEA, 18
TELEFONO N. 754.787
C. C. I. A. ROMA N. 28401

"SHUNT"

SISTEMA BREVETTATO
**CANNE - COMIGNOLI
PER LA VENTILAZIONE
DEGLI AMBIENTI**

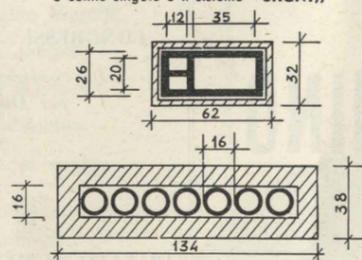
La canna "SHUNT", sostituisce le canne singole di ogni appartamento che occupano troppo spazio nelle moderne case di abitazione.

Con le canne "SHUNT", ogni appartamento di ogni piano ha la propria canna di ventilazione che si estende solo per l'altezza del piano stesso, e sbocca in un condotto generale per tutta l'altezza del fabbricato. Tali canne sono formate da elementi prefabbricati.

Le dimensioni delle canne "SHUNT", sono tali da assicurare il tiraggio per case di qualunque altezza. Alla sommità delle canne "SHUNT", viene posto un comignolo ad alto potere di aspirazione.

Ogni caso costituisce un problema speciale, e una soluzione soddisfacente è possibile solo se bene considerata da competenti.

Confronto tra le dimensioni del sistema a canne singole e il sistema "SHUNT".



CONCESSIONARIO
ESCLUSIVO PER IL PIEMONTE
(PROVINCIA DI NOVARA ESCLUSA)

g. SARTORIO e f.º
IMPIANTI TERMICI - RADIAZIONE - CONDIZIONAMENTO
VENTILAZIONE - IDRAULICI SANITARI

TORINO
SEDE: C. RACCONIGI, 28
TELEF. 70.149 - 73.649
C. C. I. A. TORINO N. 51921

ROMA
FILIALE: VIA ARDEA, 18
TELEFONO N. 754.787
C. C. I. A. ROMA N. 28401

RASSEGNA TECNICA

La "Rassegna tecnica", vuole essere una libera tribuna di idee e, se del caso, saranno graditi chiarimenti in contraddittorio; pertanto le opinioni ed i giudizi espressi negli articoli e nelle rubriche fissate non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

Il coordinamento delle attrezzature turistiche montane

GIORGIO RIGOTTI, partendo dalla proposta, già apparsa su queste colonne, della formazione dei « piani di valle », estende al settore turistico la portata di tali piani intesi come un'indivisibile unità di carattere sociale ed economico e come l'indispensabile premessa per una completa valorizzazione delle risorse naturali. Accenna poi alle caratteristiche principali, dal punto di vista urbanistico e da quello organizzativo, degli agglomerati e dei nuclei destinati alle tre principali forme di turismo: a) di fine settimana, o di massa; b) stabile; c) vagante.

Quando l'anno scorso al V Convegno di Architettura Montana (1) proponevo l'affermazione di un unico e ben coordinato piano di valle (fino allora mai preso in considerazione nella sua essenza specifica) al posto di una sequenza più o meno interrotta e slegata di piani regolatori generali limitati al territorio di ogni singolo comune, volevo affermare l'inderogabile necessità e l'urgenza di studiare il problema montano nel suo complesso prendendo come base « la più piccola unità geografica a coesione naturale, la più elementare unità economica e sociale » formata appunto dalla valle intera circondata dalle alte linee di dislivello e concentrata nelle installazioni residenziali e industriali di solito raggruppate verso il tracciato di pluviometrico percorso dal torrente; unità geografica, economica e sociale non certo rappresentata dal territorio circoscritto dagli ibridi confini amministrativi di un qualsiasi comune (2).

E tale proposta è valida ancor oggi in tema di edilizia turistica montana, che se pur si può discutere separatamente sui caratteri di questo o di quel tipo di edilizia, sull'attività di questa o altra attrezzatura turistica, tuttavia tale

(1) G. RIGOTTI, *I piani di valle*, Relazione al V Convegno di Architettura Montana (I.A.M.), Bardonecchia, 1956 (« Atti e Rassegna Tecnica », maggio 1956).

(2) G. RIGOTTI, *L'ordine nel territorio e i consorzi urbanistici*, Relazione al 2° Congresso nazionale di urbanistica, Roma, 1948 (« Atti e Rassegna Tecnica », novembre 1949).

discussione non va mai disgiunta da una visione completa e generale del problema che deve essere impostato nel suo complesso per poter essere risolto senza incertezze, senza interferenze reciproche fra le varie parti, senza recar danno a nessuno o eccessivi vantaggi ad altri, nell'intento invece di valorizzare al massimo quanto già esiste, quanto ci è offerto dalla natura e quanto è frutto dell'umano lungo, eterno lavoro.

Dunque anche nel tema specifico, un coordinamento dell'edilizia e delle attrezzature turistiche ottenuto attraverso uno studio sistematico rivolto all'intera unità della valle, cioè ancora, un piano di valle.

E l'unità della valle ci è indicata già da fattori storico-sociali dipendenti dai caratteri immutabili del sito: basti pensare al grandioso e secolare flusso e riflusso stagionale delle popolazioni e degli armenti legato intimamente alle condizioni climatiche e alla produttività dei terreni.

Troveremo sempre, infatti, nuclei abitati permanentemente tutto l'anno in corrispondenza delle fasce a quota più bassa, dove la terra è facilmente coltivabile sia per le pendenze più ridotte, e sia per le migliori condizioni del clima e per il maggiore spessore dell'humus, mentre nelle fasce ad alta quota sottoposte al lungo persistere delle nevi invernali, riconosceremo solamente le abitazioni, sparse o raggruppate, ma sempre destinate a una più o meno lunga

permanenza temporanea dettata dal periodo di sfruttabilità dei pascoli stagionali (3).

Questo flusso e riflusso di persone e di attività supera sovente i ristretti confini comunali, e oltre a rappresentare un limitato movimento alterno di semplice salita e discesa sulle pendici montane di una stessa costa, e cioè perpendicolare all'asse longitudinale della valle, è a volte dato da un movimento avente un raggio di azione molto più lungo con direzione parallela all'asse della valle (dallo sbocco verso la pianura alle testate più alte e viceversa) che interessa, anche soltanto come breve passaggio in transito, tutta una sequenza di comuni.

E l'altro importantissimo problema individuato dalle condizioni e dall'altimetria del sito, quello delle valanghe non esorbita anch'esso dal ristretto confine comunale per coinvolgere amplissimi territori?

Non basta certo — come infiniti esempi ce lo dimostrano —

(3) Uno dei tanti esempi caratteristici del fenomeno lo si ha nella Valle Grande di Lanzo, dove i pastori a primavera lasciando le « grangie » salgono a occupare le « muande » (dove viene ancora svolta attività agricola se pur alquanto ridotta) poi, man mano la stagione avanza, salgono verso i « gias » occupandone successivamente, a volte, anche quattro, uno più alto dell'altro, tutti al di sopra del limite dei boschi e dove l'unica attività è la pastorizia e la fienagione; verso la fine di agosto ridiscendono a valle facendo il percorso in ordine inverso, con le stesse tappe, e ritornando nelle grangie basse.

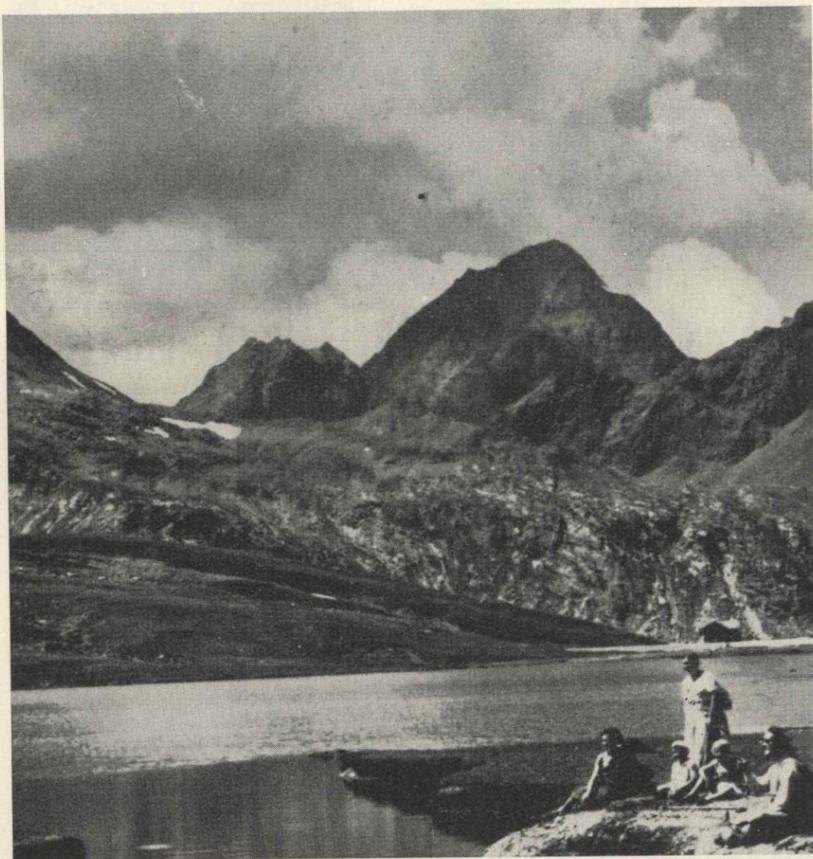


Fig. 1 - ... turbare la superficie e i dintorni di un tranquillo lago... (Lago Miserin, m. 2583, Champorcher).

individuare i percorsi, le direzioni, i conoidi di deposito, e su queste basi sagomare acconciamente i nuclei abitati a volte risolti come triangoli lunghi e stretti incuneati fra due consecutive tradizionali traiettorie di caduta.

Occorre ricercare e individuare le zone alimentatrici sovente anche molto lontane e deviate, e operare su esse con una azione

lenta ma continua e decisa: i muretti, i graticiati, gli steccati e le palizzate antivalanga ormai conosciutissimi in parecchie zone montane della Svizzera, della Francia, dell'Austria; il ripopolamento arboreo e il conseguente avvicendamento dei periodici tagli dei cedui e dello sfoltimento delle foreste; sono altrettanti interventi che a nulla servono se non sono

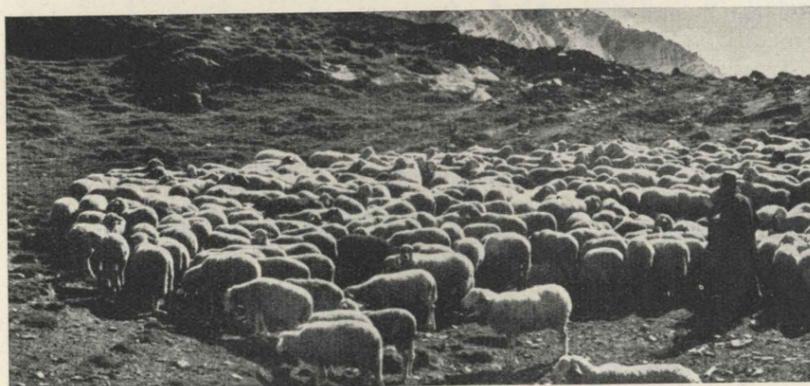


Fig. 2 - ... la responsabile autonomia personale del pastore...

coordinati in un unico piano di vasta portata e collegato anche al piano della regolazione e dello sfruttamento sistematico delle acque esteso a tutto il comprensorio del bacino imbrifero.

E quest'ultimo argomento ci riporta, almeno per un settore particolare, al tema specifico del turismo montano. Si dice normalmente, per le nostre vallate alpine, che il patrimonio idrico deve essere amministrato saggiamente suddiviso fra le due principali branche definite dallo sfruttamento idroelettrico e dall'irrigazione agricola, e che le utilizzazioni del salto e della portata devono essere totali.

Ma una gran parte del turismo alpino è collegato con l'esercizio della pesca sportiva, e l'impoverimento temporaneo della vena liquida dei torrenti (dato dalle deviazioni per gli impianti idroelettrici), quello ben più grave permanente (prodotto dalle derivazioni per la irrigazione), e le rigide, alte e frequenti costruzioni delle dighe, producono a volte condizioni inaccettabili di vita al patrimonio ittico, e specialmente a quello pregiato, inaridendo una sicura e naturale fonte di ricchezza, diretta o indiretta, non certo indifferente per le già povere popolazioni delle nostre vallate (e non vogliamo neppure soffermarci sull'atto che rasenta il delitto, per fortuna però limitato e ben localizzabile, di immettere nelle acque correnti con gli scarichi delle lavorazioni industriali, anche elementi di alto potenziale tossico).

Ma vi è ancora un altro fattore da considerare ed è quello panoramico. Inaridire una cascata, ridurre un torrente a un rigagnolo seminascoato fra le aride pietraie, eliminare o turbare la superficie e i dintorni di un tranquillo laghetto rispecchiante abetaie e alte cime⁽⁴⁾, deviare interamente su canalizzazioni rigide e controllate un corso d'acqua prima scorrente liberamente sul fondo valle, possono portare al panorama alterazioni di tale natura e importanza

(4) E sono note, a questo proposito, le recentissime polemiche, a tratti aspre e violente, create dal vincolo panoramico imposto attorno al Lago Blu, il cosiddetto specchio del Cervino.

da togliere in massima parte le attrattive che prima richiamavano sul posto un forte afflusso turistico; e non è detto che il bilancio complessivo abbia un guadagno che possa sempre sorpassare o almeno uguagliare le perdite.

Un accurato piano generale di tutta la valle potrà anche da questo punto di vista contemperare tutte le esigenze e, pur mantenendo intatte o quasi le principali prerogative panoramiche, attuare gli interventi regolatori e sfruttatori ritenuti indispensabili per il benessere collettivo.

Nel nostro secolo, è bene notarlo, si tende a subordinare tutto al fattore industriale che con durezza e prepotenza si impone a quanto già esiste e ci è tramandato dai secoli passati, nel nome di un presunto vantaggio che in teoria dovrebbe riversarsi tutto sulla collettività come una benefica pioggia di manna, mentre in pratica questo succede purtroppo soltanto per una piccolissima parte.

Ora se vi è un posto in cui il predominio industriale in tutte le sue forme deve essere accuratamente controllato e sapientemente dosato, questo è proprio dato dalle regioni alpine finora — e sotto un certo aspetto si può dire fortunatamente — non ancora contaminate dall'enorme e abnorme sviluppo di impianti che comprimono le nostre grandi e medie città di pianura e le soffocano in una cerchia di rigide immense costruzioni, di camini fumanti, di rumori assordanti, di aride spianate che dilagano paurosamente verso le zone agricole dove cancellano tradizioni, ritagliano il terreno senza regola nè ordine così da comprendere e chiudere altre proprietà che non potendo più essere utilmente coltivate diventano presto aree abbandonate, degradate, oppure e peggio, occupate malevolmente da attività purtroppo a volte anche degeneri.

« L'economia montana, la vita stessa delle popolazioni alpine, non possono essere aiutate e salvate se non attraverso l'impostazione di nuove industrie — qualunque esse siano — le uniche capaci di rialzare il livello sociale delle zone depresse »: questa è un'affermazione ormai comune e quasi normalizzata, portata in pa-

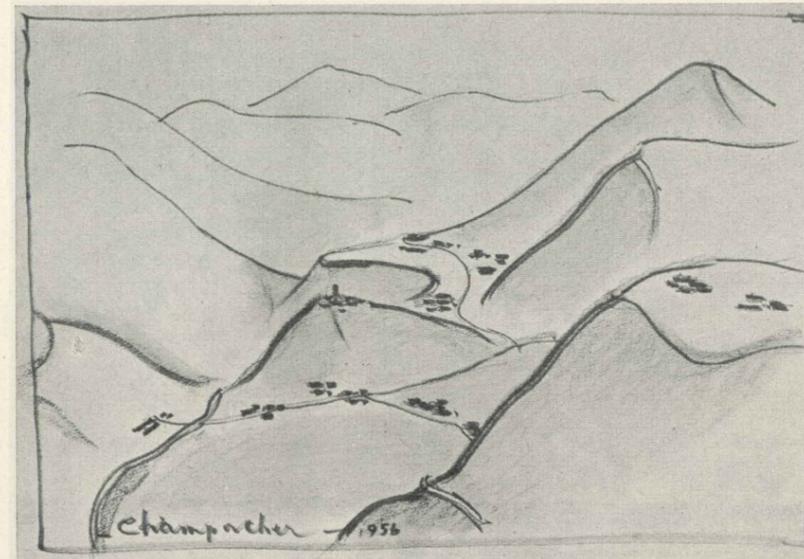


Fig. 3 - Champorcher (schizzo di G. Rigotti).

recchi ordini del giorno a chiusura di recenti congressi e di convegni.

Non siamo completamente d'accordo, in quanto un indiscriminato aumento industriale nelle vallate alpine avrà per primo effetto quello di danneggiare notevolmente se non di distruggere la massima parte delle attività, sia pur ridotte, ivi ancora esistenti (e specialmente l'attività agricola e quella turistica) creando un immediato e subitaneo squilibrio, senza contare che impianti cosiffatti possono essere soggetti abbastanza

facilmente a periodi di crisi violenta e improvvisa con effetti evidentemente disastrosi.

Il problema non deve essere affrontato in modo così semplicistico e unilaterale; anche qui, come in tutti gli interventi di carattere urbanistico, la misura, la proporzione, e oserei dire il buon senso, devono saper organizzare, graduare e collegare le diverse attività umane in piani vasti e aperti a tutte le iniziative a tutti gli sviluppi.

Dal punto di vista sociale poi è assolutamente necessario impedire

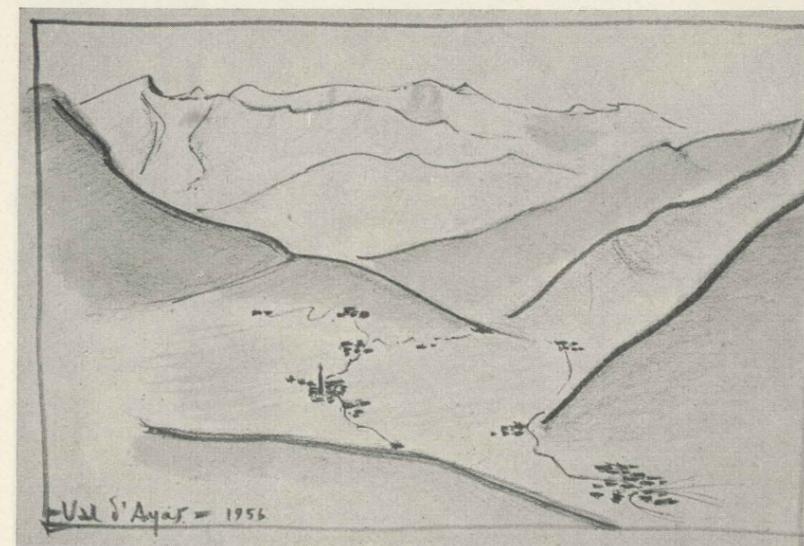


Fig. 4 - Val d'Ayas (schizzo di G. Rigotti). - ... le molteplici piccole, piccolissime frazioni formanti le caratteristiche sequenze di comunità legate come i grani di un rosario...



Fig. 5 - ... aggruppamenti di case a stretto contatto di gomito (Cogne, fraz. Lillaz, m. 1607).

nell'economia alpina l'accesso a quelle cosiddette grandi industrie che poco preoccupandosi dei fattori morali e tradizionali — tutte tese come sono alla produzione in serie sempre più grandi e al ricavo immediato — hanno come primo prodotto un livellamento della ma-

no d'opera al rango collettivo dell'amorfo e impersonale « manovale specializzato » forse un po' più retribuito ma, per conto nostro, nettamente inferiore alla media attuale fondata sulla responsabile autonomia personale del contadino e del pastore.

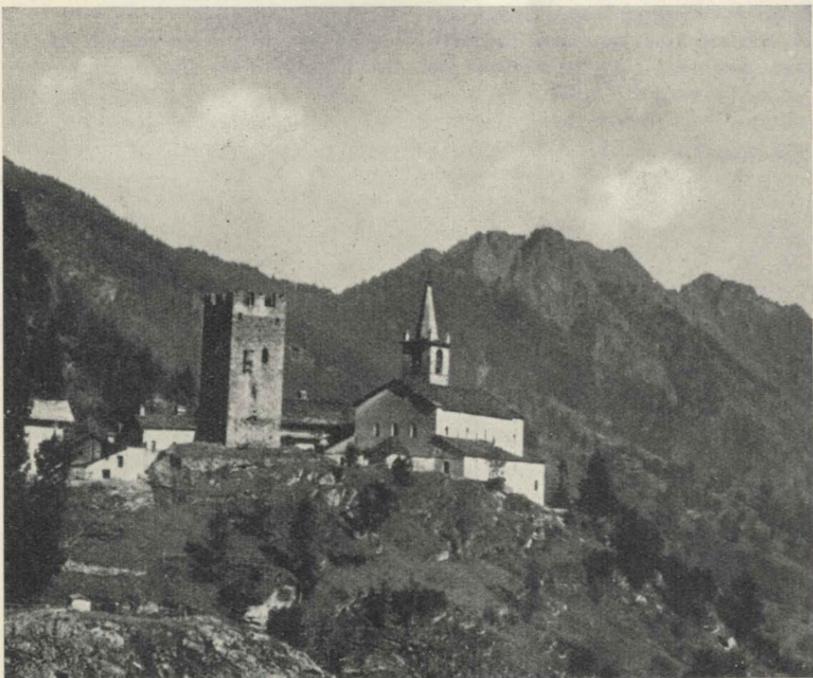


Fig. 6 - ... antiche ragioni di sicurezza possono confinare il nucleo abitato su luoghi dominanti... (Champorcher, fraz. Chateau, m. 1429).

Ma vediamo un po' come può essere impiantato e sviluppato, con speciale riguardo al settore turistico, un piano di valle.

È fuori di dubbio che in generale non conviene concentrare la massima parte delle attività in un centro solo, anzi questo di solito è un errore. Il turismo montano si esplica normalmente in due tempi fondamentali ben distinti: l'invernale e l'estivo. Fra questi due vi sono addentellati che si protendono — in anticipo o in prolungamento — nelle stagioni intermedie, la primavera e l'autunno.

Dato l'andamento della maggior parte delle nostre vallate alpine avremo sempre, o quasi, una costa notevolmente più fredda dell'altra, fenomeno dovuto da un lato al minor numero assoluto di ore di sole determinato dall'orientamento della costa stessa e dall'altro al concomitante fattore dell'angolo di incidenza dei raggi solari.

Vi sono località in montagna che nei mesi invernali non ricevono neppure un'ora di sole (pendii rivolti a nord, fondi valle) fatto questo prodotto sia dall'orientazione che dalle ombre proiettate dai vicini e incombenti crinali dei rilievi montuosi. E a questo proposito occorre notare che il profilo delle linee di displuvio non giace nemmeno approssimativamente in un piano verticale, come la proiezione dei coni d'ombra non avviene certo su un uniforme piano orizzontale. È impossibile perciò eseguire teoricamente a tavolino il calcolo delle ore di soleggiamento effettivo delle singole località di una vallata, ma è indispensabile ricorrere a minuziosi rilevamenti diretti da farsi in sito per poter segnare con una sufficiente approssimazione le curve « isosolari » individuanti le zone colpite da un ugual numero di ore effettive di sole al giorno, forse ancor più importanti delle altre curve « equisolari » individuanti invece le località raggiunte dai raggi del sole alla medesima ora del giorno.

È intuitivo che le coste orientate nei quadranti di sud riceveranno un maggior numero di ore di sole e sotto un angolo d'inci-

denza molto più piccolo⁽⁵⁾ che non le coste orientate nei quadranti di nord dove minori sono le ore di sole e maggiore è l'angolo d'incidenza: e i due effetti, si sa, tendono a sommarsi l'uno all'altro esaltando enormemente lo squilibrio termico esistente fra le opposte pendici.

Sapremo perciò dove sarà più utile installare le stazioni centri di sport invernali, dove la superficie nevosa sarà meno logorata dall'alternò succedersi di gelo e disgelo, dove sviluppare le attrezzature particolari (sciovie, skilift, ecc.) che potranno prolungare la loro attività stagionale dagli ultimi mesi autunnali ai primi mesi primaverili, quando sulle coste situate dall'altra parte della valle potrà seguitare o iniziare con opportuno avvicendamento il turismo, completamente diverso ma non meno importante, delle passeggiate e della raccolta dei fiori e dei frutti liberamente offerti dalla natura.

L'altra ricerca da farsi direttamente sul posto è quella relativa alla ventilazione che assume aspetti così vari da una parte all'altra della valle e anche da un luogo all'altro della stessa costa. Un piccolo dosso sporgente, una leggiera ondulazione del terreno possono sottrarre a un vento freddo determinate località che rimangono come tranquille e calde oasi di pace in mezzo alla tormenta; dal lato opposto una zona dominante può essere offerta alle fresche brezze per mitigare il forte calore estivo.

Il piano di valle perciò dovrà arricchirsi di un'altra tavola indicante dal punto di vista della ventilazione i luoghi da preferirsi o da scartarsi per le installazioni collegate all'uno o all'altro dei due tempi principali del turismo montano.

I risultati delle ricerche a cui abbiamo accennato ci forniscono indicazioni utili per l'edilizia montana in genere e in special modo per quella turistica, ma lo

(5) L'angolo d'incidenza, è bene ricordarlo, è quello compreso fra la retta individuante la direzione dei raggi solari e la normale alla superficie colpita dagli stessi.

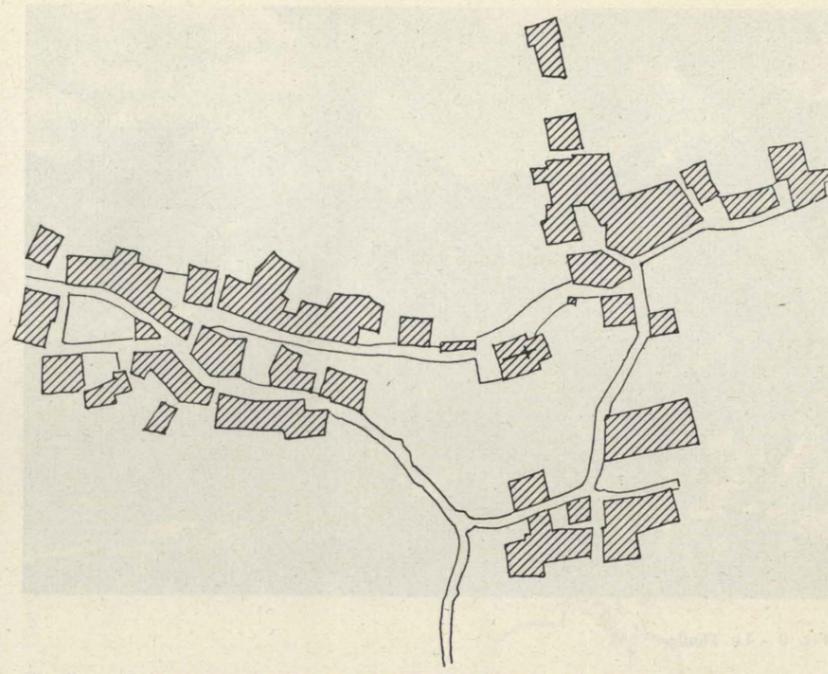


Fig. 7 - ... il favorevole soleggiamento consiglierà di distendere il villaggio parallelamente alle curve di livello in forma lineare... (Champorcher, fraz. Petit Rosier, m. 1600).

studio di quanto da tempo è stato fatto quasi sempre istintivamente ci può dare utili consigli sulla forma e sul tipo degli agglomerati.

La scarsità dei terreni coltivabili fa ricercare per gli insediamenti umani, e pressochè ovunque, le aree meno produttive e più difficili a lavorarsi; banchi di rocce affioranti, pendenze accentuate, impossibilità di ottenere quell'irrigazione sia pur rudimentale in atto quasi dappertutto, strati di terreno troppo invasi dai ciottoli, sono altrettanti argomenti

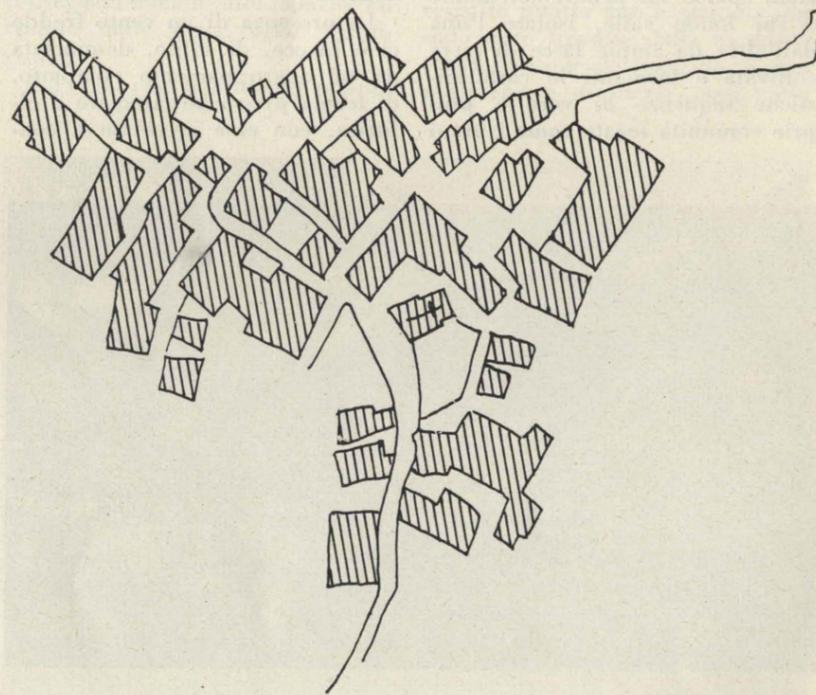


Fig. 8 - ... la presenza di un vento freddo è denunciata da un aggruppamento compatto, con strade strette piegate e ripiegate ad angoli vivi... (Champorcher, fraz. Grand Mont Blanc).



Fig. 9 - La Thuile.

validi per impiantare un aggruppamento di case specialmente quando tutt'intorno si ha un'estensione sufficiente di terreno fertile e comodo per sviluppare le attività agricole.

Si spiegano così (a parte il frazionamento delle proprietà, condizione a volte dominante) le molteplici piccole e piccolissime frazioni sparse sui pendii del monte o sul fondo valle, isolate l'una dall'altra da ampie fasce di terra coltivata e formanti le caratteristiche sequenze di vere e proprie comunità legate come i grani

di un rosario dal tenue filo dei sentieri e delle mulattiere.

Il favorevole soleggiamento consiglierà di distendere il villaggio parallelamente alle curve di livello in forma lineare, la più aperta per evitare nell'interno lunghi periodi di ombre stabili, la più facile per le comunicazioni interne svolgentisi su strade pianeggianti e con tracciati ondulati.

La presenza di un vento freddo ci è invece, di solito, denunciata da un aggruppamento compatto, di forma pressochè circolare o ellittica, con case accostate a con-

tatto di gomito l'una all'altra quasi a protezione reciproca, con strade strette, piegate e ripiegate ad angoli vivi con piccoli slarghi per formare una successione di ambienti chiusi e protetti.

La perenne minaccia di valanghe, di frane, di caduta di massi tenderà invece a profilare, a sagomare l'agglomerato su forme triangolari, arcuate e allungate con il vertice quasi sempre rivolto alla zona da cui proviene il pericolo.

Antiche ragioni di sicurezza contro attacchi esterni possono confinare il nucleo abitato su luoghi dominanti, difficilmente accessibili e per contrapposto facili alla difesa e a volte anche lontani dai campi e dalle zone agricole.

Sono queste, e altre simili ma sempre plasmate dalle condizioni naturali del luogo, le forme che vorremmo vedere adottate anche dall'edilizia turistica moderna, e non certo per un eccessivo amore alla tradizione o per un malinteso misonatismo, ma perchè sono quelle che più si adattano al sito, all'ambiente naturale formato poco per volta nella sequenza di millenni di vita, alla composizione del panorama. Anche se, per forza di cose, la vecchia baita deve fatalmente cedere il posto alla moderna villa, la caratteristica osteria con alloggio è sostituita dal più attuale albergo attrezzato, l'esile e stretto sentiero deve lasciare il passo alla nuova strada prevista e costruita adatta al transit, sia pur controllato, degli autoveicoli.

È questione di proporzioni fra ciò che è costruito e la libera natura, è questione di modestia dell'uomo di fronte alla forza divina.

L'insediamento umano, qualunque cosa si faccia, è sempre un elemento accessorio nella grandiosità del complesso panoramico, anche se è in ogni caso un completamento indispensabile; il problema più difficile è rispettare l'equilibrio, limitare e circoscrivere le masse, ponderare gli sviluppi in superficie e in altezza.

Non è detto, infatti, che nel paesaggio montano debbano sempre e ovunque innestarsi le linee orizzontali di fabbricati lunghi e a pochi piani; anche le costruzioni sviluppate prevalentemente in altezza potranno sussistere purchè siano di volume ristretto e

situate in posizione adatta: al facile e quasi inconscio mimetismo delle prime si contrappone l'accentuata individualità delle seconde.

Meno adatta ci pare invece in generale la sagoma quadrata dei fabbricati tanto alti quanto larghi e specialmente se di notevole massa, in quanto l'ambiente in cui quella sagoma si inserisce è quasi sempre dominato da uno sviluppo di linee prevalentemente orizzontali o verticali che male si legano alla equilatera e fondamentale forma geometrica.

Ma, come già ebbi ad accennare in altro convegno⁽⁶⁾, il problema dell'edilizia in montagna deve essere visto non solo dall'esterno verso l'interno (visuali lontane e panoramiche di gruppi costruiti) ma anche dall'interno verso l'esterno, per ovviare all'inconveniente di una eccessiva saturazione delle aree fabbricabili secondo una formula costante e uniforme, il che porta alla fatale formazione delle cosiddette strade-canale ristrette fra pareti continue e monotone che intristiscono l'ambiente della via e lo tagliano rigidamente e decisamente fuori dal più vasto e interessante ambiente del panorama circostante.

Allo scopo occorre sostituire alla astratta e impersonale formula collegante l'altezza dei fabbricati con la larghezza della via e comune a tutti i regolamenti edilizi ricalcati su prototipi banali e ormai sorpassati, l'altra formula dell'indice di fabbricabilità con piano particolareggiato che permette infinite soluzioni più aperte, personali e caratteristiche, con ampie visuali libere, nel loro complesso però sempre legate dal filo di un ritmo, di una sequenza armonica o di una rigida e voluta simmetria.

Nel nostro piano unitario esteso a tutta la valle dalle parti in basso, alle fasce medie, alle più alte zone regno delle nevi e dei ghiacci perenni, l'edilizia, gli impianti

⁽⁶⁾ G. RICOTTI, *Architettura e urbanistica alpina*, Relazione al 1° Convegno di Architettura Montana (I.A.M.), Bardonecchia, 1952.

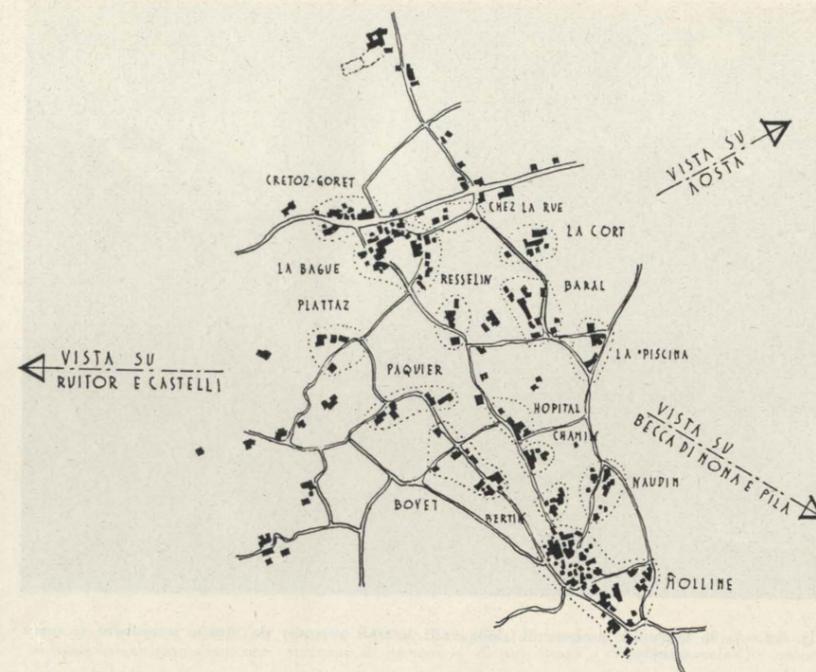


Fig. 11 - ... il problema dell'edilizia montana deve essere visto anche dall'interno verso l'esterno per ovviare a un'eccessiva saturazione delle aree fabbricabili... (Concentrico di Gressan).

e le attrezzature turistiche dovranno per forza di cose essere coordinate non soltanto in relazione ai già accennati due tempi fondamentali — l'invernale e l'estivo — ma anche in relazione alle possibilità organizzative e conseguentemente allo spazio richiesto dalle varie forme di turismo.

Ed ecco che il binomio tempo-

spazio, base di ogni composizione urbanistica, si completa, come era fatale, anche nel particolare tema ora in discussione.

Le tre forme tradizionali del turismo montano: alpinistico-sportivo, familiare, mondano, hanno resistito intatte fino a quando non sono state travolte dalla moderna organizzazione del turismo di fine settimana e di massa, una volta

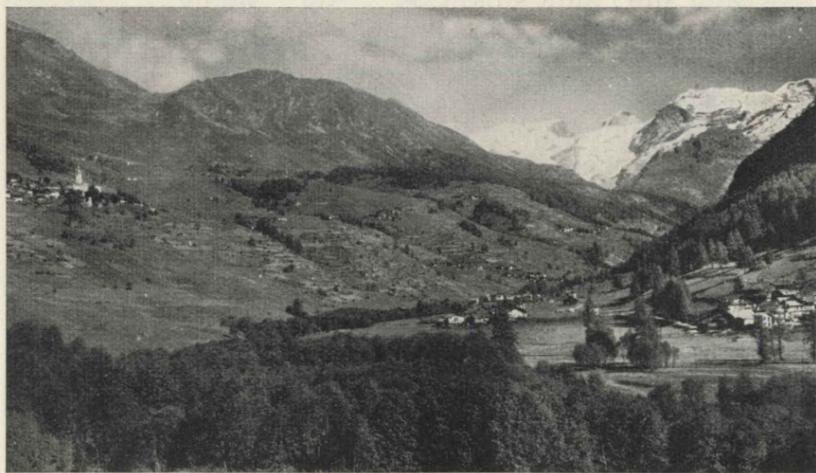


Fig. 10 - Antagnod. - ... l'insediamento umano è sempre un elemento accessorio nella grandiosità del complesso panoramico...

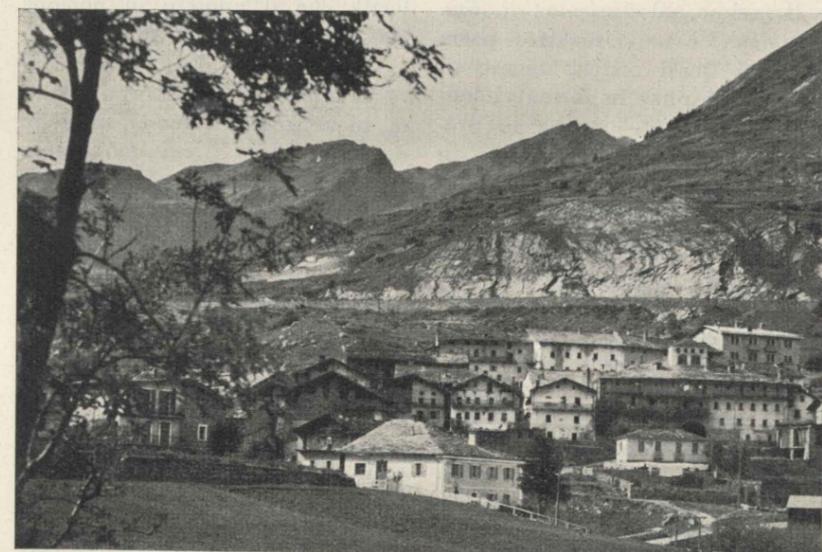


Fig. 12 - ... il facile e quasi inconscio mimetismo delle linee orizzontali... (La Thuile, fraz. Goletta).

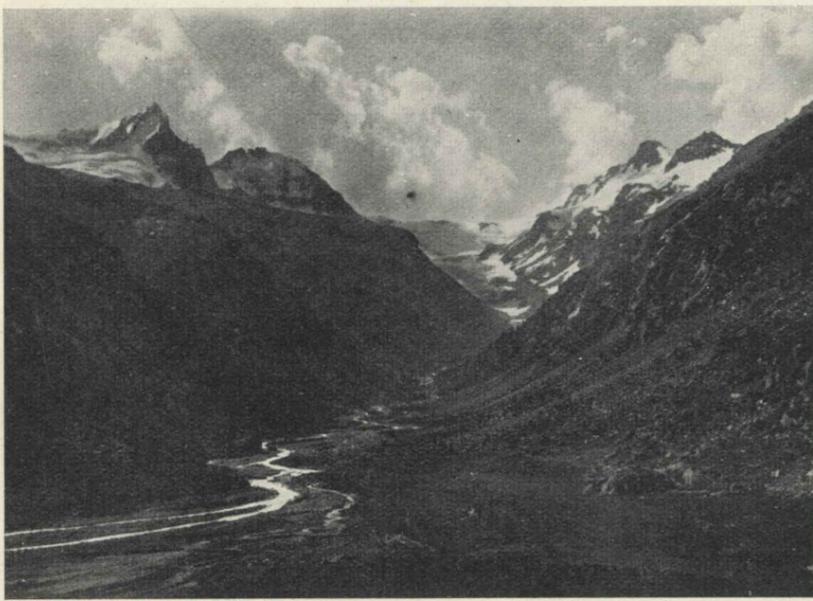


Fig. 13 - ... lo splendido isolamento delle valli laterali percorse da strade secondarie e senza sbocco... (Valsavaranche).

confinato soltanto in qualche punto di particolarmente facile accessibilità, ora dilagante un po' ovunque.

Dovendo ricercare oggi le forme più caratteristiche, quelle cioè che possono imporre determinati elementi costruttivi e impianti ben definiti, potremo forse stabilire una classificazione in base al periodo di permanenza in sito, e cioè: turismo, a) di fine settimana, b) stabile, c) vagante.

Il primo, il *turismo di fine settimana*, è nella maggior parte dei casi quasi esclusivamente di massa, si esplica in forma violenta, improvvisa — anche se prevista —, nasce e si esaurisce in pochissimo tempo — a volte anche soltanto qualche ora —; alla caotica e disordinata eccitazione della breve permanenza festiva succedono il silenzio e il vuoto desolante delle normali giornate lavorative.

Per esso si rendono indispensabili vasti spazi capaci di ricevere e di smistare contemporaneamente centinaia di persone; piazzali di manovra e di parcheggio per gli automezzi privati e collettivi (naturalmente meglio se separati gli uni dagli altri) e con

tutte le attrezzature connesse; nuclei di fabbricati con le più ampie capacità recettive specialmente sviluppate nel soggiorno diurno (bar, sale da pranzo, di riposo, di ritrovo), limitate invece nella non sempre indispensabile parte notturna avente, qualora esista, un carattere turistico nel senso commerciale della parola e cioè di massimo sfruttamento dello spazio; impianti di servizi di trasporto pubblico di notevole potenzialità sia per quanto riguarda la velocità che il numero di persone trasportabili in ogni viaggio.

Il tutto possibilmente concentrato in una zona abbastanza ristretta, pianeggiante, comoda, in modo da far perdere il minimo tempo nei frequentissimi spostamenti secondari e di collegamento reciproco fra le varie parti del complesso.

Leggermente scartati dalle grandi vie di transito regionale (i due movimenti non sono assolutamente compatibili), ma a queste direttamente collegati con brevi e comodi tragitti, devono essere per quanto possibile in facile comunicazione anche con i tradizionali trasporti ferroviari.

Le conche abbastanza ristrette — minimi percorsi orizzontali dal

centro organizzato ai luoghi di sport — sono di solito le preferite perchè permettono la formazione di un unico e ben attrezzato polo da cui si irradiano in tutte le direzioni i mezzi funiviari di trasporto con la indispensabile gradualità delle difficoltà dei percorsi, e perchè, come abbiamo già accennato in principio, per la diversa orientazione delle coste richiamano l'afflusso delle persone anche nelle mezze stagioni e offrono contemporaneamente varie possibilità di svago.

In qualche fortunato caso potrà essere anche previsto un centro di vita mondana, sebbene questo è meglio sia del tutto isolato dal precedente, in posizione più appartata, con servizi propri adatti a permanenze più lunghe; ma nella maggior parte degli esempi un tale centro più utile sarà collegato con il secondo tipo di *turismo*, cioè quello *stabile* che deriva direttamente dalla forma più vecchia e affermata.

Molto più tranquillo del precedente, a carattere quasi sempre familiare, con ritmo alimentare lento e contenuto, il *turismo stabile* può essere individuato dal punto di vista edilizio nelle sue tre forme fondamentali: la casa unifamiliare (la villa), la casa collettiva (il condominio), l'albergo.

La sua principale caratteristica residenziale lo avvicina funzionalmente ai nuclei e agli agglomerati più tradizionali, ma mentre la villa isolata e l'albergo possono anche vivere di vita autonoma o quasi, il condominio accentua la vita collettiva con tutte le sue necessità, con i suoi pregi e difetti ormai noti.

Se un centro principale dovrà esistere questo sarà senz'altro da sistemarsi nell'ambito della zona dei condomini o nelle sue immediate vicinanze, in quanto l'alloggio come oggi è concepito, e specialmente in questi casi, non è sufficiente a soddisfare tutte le esigenze della vita di una famiglia.

Le tre forme edilizie a cui abbiamo accennato pongono già fin dall'inizio i presupposti per l'or-

dinamento urbanistico da noi ritenuto il più adatto, cioè frammentato in piccole unità — e lasciamo volutamente di considerare i centri principali aventi già caratteristiche di vere e proprie città — sparse su superfici abbastanza vaste da consentire un isolamento completo e collegate dal nesso logico di una chiara gerarchia organizzativa e stradale.

A queste tre forme se ne deve aggiungere in realtà una quarta, molto sviluppata in alcuni paesi, specialmente fuori d'Italia, e definita dalla casetta minima spesso prefabbricata, rappresentante il semplice rifugio per il riposo con i servizi annessi, dato che la vita diurna si svolge in principal modo all'aperto. Questa ultima condizione porta con sé la necessità di un isolamento accentuato pur essendo necessaria una relativa vicinanza fra le varie casette non fosse altro che per assistenza e aiuto reciproco.

Nelle nostre valli tali possibilità si trovano nei boschi, presso il limite fra la fustaia e il pascolo, in zone anche inaccessibili direttamente dagli autoveicoli ma sempre a breve distanza e collegate con sufficiente facilità con un centro di vita collettivo.

Rimane per ultimo il *turismo vagante*, anche questo prodotto dei tempi moderni, nella sua duplice veste del campeggiatore e del turista motorizzato.

Il campeggiatore di montagna è di solito uno sportivo nel vero senso della parola che ama camminare e preferisce posti solitari ma a diretto contatto con le «vie» delle ascensioni programmate, disdegna il movimento turistico normale e specialmente quello di massa, e cerca perciò i luoghi più alti e le valli laterali percorse da strade secondarie e senza sbocco, cioè non interessanti per il traffico di transito.

Esso è dal lato organizzativo il meno esigente: un gruppo di baite, di casolari anche solo rudimentalmente attrezzati allo scopo può servire da polo accentratore di un campeggio a volte molto meglio di una o più costruzioni aventi pretese di modernità o di grandiosità fuori posto.

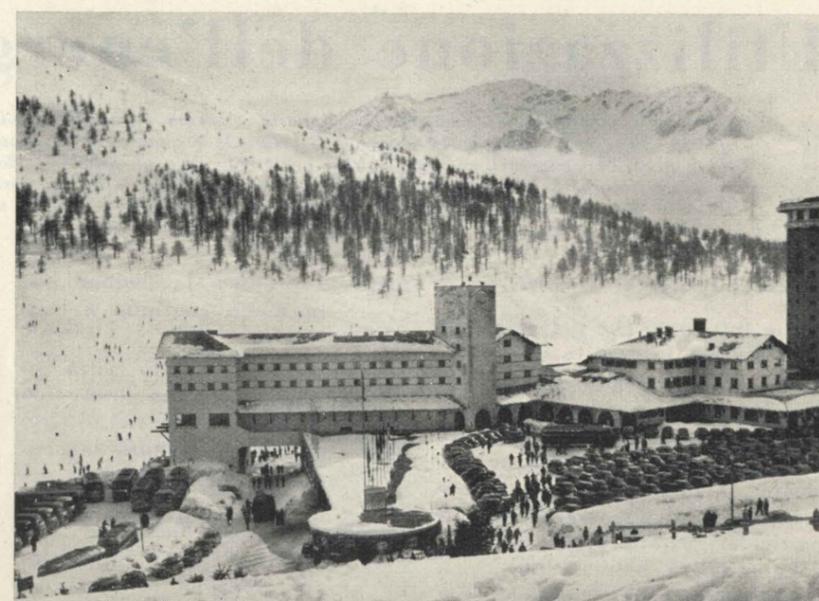


Fig. 14 - ... per il turismo di massa si rendono indispensabili vasti spazi capaci di ricevere e di smistare contemporaneamente centinaia di persone e di automezzi... (Sestriere).

Diverso è il tipo del turista vagante motorizzato che ama invece quasi sempre accumulare chilometri su chilometri, immagazzinando promiscuamente nel proprio cervello e nei rulli di pellicola fotografica una serie infinita di visioni, di prospettive, di panorami, sempre vari, sempre nuovi.

L'espressione edilizia adatta a questo prodotto modernissimo del turismo è il «motel», il piccolo albergo a padiglioni staccati che accanto alla camera da letto ha la tettoia di ricovero dell'automezzo, strumento indispensabile per i rapidi spostamenti.

Questo moderno impianto cerca zone isolate ma nel raggio d'influenza, sia pur alquanto lontano, di un centro attrezzato per la vita mondana; a diretto contatto con strade di grande comunicazione che possano mantenere un flusso di transito notevole; in posizioni strategiche dal punto di vista panoramico e della suddivisione delle probabili tappe dell'intero percorso da tempo preordinato.

Poco importa che vi siano o no gite attraenti nei dintorni, meglio se ha nelle immediate vicinanze qualche impianto di funivia che possa portare in breve tempo su cime e località note: in questi casi è la rapidità che conta, le possi-

bilità di risparmiare ore da utilizzarsi in un percorso più lungo.

Le considerazioni e gli accenni, sia pur schematici, fin qui fatti chiariscono in pieno il tema proposto: il turismo montano nelle sue molteplici forme, nei suoi tempi successivi, non è un problema che possa essere risolto singolarmente in ogni centro o contenuto in località troppo ristrette. Esso è invece un problema di amplissimo respiro che deve essere affrontato nel suo complesso in modo che ogni valle o gruppo di valli confluenti possa sfruttare le molte possibilità naturali offerte passando dalle zone basse a quelle più alte, dai posti lambiti dalle grandi comunicazioni a quelli isolati, dai siti modernamente organizzati agli altri ancora allo stato primitivo.

Soltanto in questo modo potremo sfruttare al massimo il patrimonio che la natura ci ha donato, aumentare una fonte di guadagno che tenda a frenare se non ad annullare completamente lo spopolamento stagionale e perenne delle nostre montagne, senza per altro usare violenza e alterare irrimediabilmente un complesso di bellezze che ci inalta, sempre e in qualsiasi luogo, verso il divino.

Giorgio Rigotti

Utilizzazione dell'energia atomica

GIOVANNI CESARANI, maggiore d'artiglieria, docente presso le Scuole di Applicazione d'Arma, in questa conferenza tenuta il 31 maggio 1957 presso la Società degli Ingegneri ed Architetti in Torino, esamina lo sfruttamento dell'energia nucleare come soluzione al problema della produzione di energia nel prossimo futuro, descrive i tipi principali di reattori nucleari e le loro caratteristiche, fornisce un quadro sintetico della situazione attuale nella costruzione di reattori ed accenna ad alcuni problemi conseguenti al sorgere della nuova tecnica.

1) REATTORI NUCLEARI

È a tutti noto che nel dicembre 1942 Enrico Fermi, in uno scantinato dell'Università di Chicago, fece funzionare per la prima volta una « pila » capace di generare calore in virtù del fenomeno nucleare chiamato « fissione » manifestato da alcune sostanze aventi particolari caratteristiche.

Le esigenze belliche portarono a indirizzare le ricerche degli sperimentatori alla realizzazione delle armi atomiche, ma ben presto si riconobbe la possibilità di sfruttare questi fenomeni per produrre energia a scopi pacifici ad integrazione o in sostituzione delle principali fonti di energia: carbone, petrolio, energia idraulica.

Nacquero così i « reattori » nucleari che si possono assimilare a caldaie speciali dalle quali si estrae il calore prodotto dal « combustibile nucleare » che in esse trova posto. Più scientificamente si possono definire come « macchine statiche, ossia senza organi macroscopici in movimento, nelle

quali si produce la fissione nucleare in modo continuo e controllato ».

Quel calore prodotto potrà essere impiegato per far girare turbine connesse a generatrici di elettricità, ed avremo allora le centrali nucleo-termo-elettriche, oppure le turbine muoveranno direttamente le eliche delle navi, ed avremo gli impianti di propulsione navale, oppure ancora il calore scaldereà dell'aria compressa e questa espandendosi spingerà, per reazione, un aereo, come nei progetti di aerei a propulsione nucleare.

L'energia nucleare è stata benvenuta tra le fonti di energia: sono note le difficoltà dell'industria mineraria carbonifera e la situazione delle riserve dei combustibili solidi che volgono verso l'esaurimento o almeno verso una utilizzazione non più economica; sono altresì note, e recentemente il mondo intero ne ha risentito l'influenza, le vicende del petrolio.

Forse meno nota è la situazione delle altre fonti di energia elettrica.

È interessante vedere in quale misura queste tre fonti di energia, carbone, petrolio, idro-elettricità, influiscano sulla vita economica dei vari Paesi.

Limitandoci all'Europa abbiamo la seguente situazione (fig. 1):

Notiamo da essa come Inghilterra, Germania, Belgio e Olanda basino la loro produzione energetica principalmente sul carbone, i cui giacimenti potranno durare ancora diversi decenni ma diventeranno sempre più antieconomici nello sfruttamento mentre per Francia, Italia, Svizzera e Svezia l'energia idroelettrica abbia grande importanza. Per noi anche il gas naturale sta acquistando rilievo, mentre lo sfruttamento delle risorse petrolifere del sottosuolo è rallentato dalla deficienza dei capitali occorrenti per le ricerche geologiche e le perforazioni.

Dalla figura rileviamo anche quale sia stata l'incidenza della crisi di Suez nei vari Paesi.

Ma le considerazioni più sorprendenti scaturiscono dall'esame delle richieste di energia nei vari Paesi col passare degli anni.

Per limitarci all'Italia constataiamo dalle statistiche come la produzione di energia elettrica sia passata da 15 miliardi e mezzo di kWh nel 1938 a 40 miliardi e 600 milioni di kWh nel 1956, con un aumento di oltre il 165 % in soli 18 anni.

Da un esame più ampio, comprendente anche i dati di altri Paesi notiamo che la richiesta di energia, a cui deve soddisfare la produzione, raddoppia ogni 10 anni.

Il problema che si presenta alle industrie ed ai governanti diventa perciò molto serio quando si constata che le risorse idroelettriche sono già sfruttate in gran parte e che quelle che restano ancora da

LE QUATTRO FONTI DI ENERGIA PER L'EUROPA

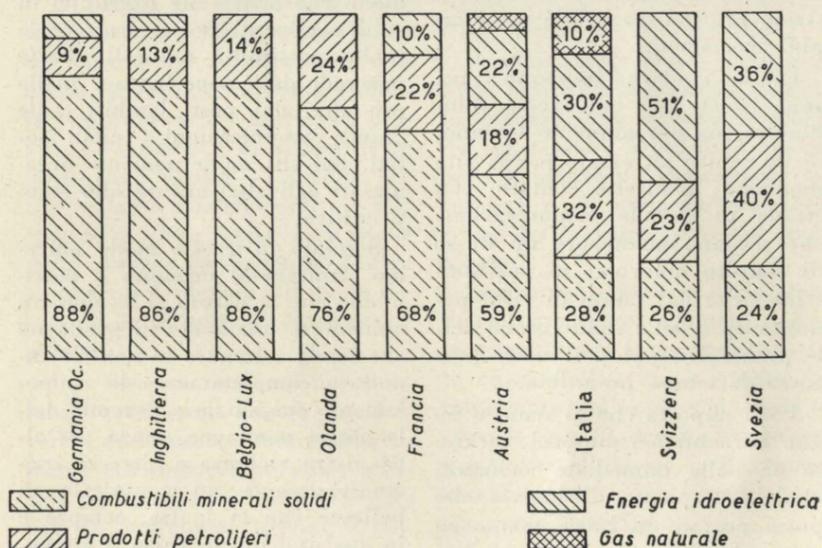


Fig. 1.

sfruttare lo sono a costi che diventano sempre più antieconomici.

Ecco perciò che l'energia nucleare è venuta a buon punto in soccorso degli uomini.

Un'alta personalità dell'industria idroelettrica italiana (1) ha stimato che per essere in grado di soddisfare le richieste di energia nel 1965 il nostro Paese ha bisogno di avere disponibile per quell'anno una potenza erogata da centrali nucleo-termo-elettriche dell'ordine di 2 ÷ 3 milioni di kW che dovrà salire a 12 ÷ 15 milioni di kW per il 1975.

Per potere comprendere meglio le questioni tecniche che si riferiscono sulle considerazioni che dovremo fare è necessario dare un'idea, sia pure estremamente sintetica, dell'oggetto della presente trattazione: il reattore nucleare e la fonte della sua energia.

Nei reattori nucleari a differenza della bomba atomica, bisogna innescare la reazione a catena, ma occorre evitare che essa degeneri in una rapida esplosione, mantenendola invece in vita in modo permanentemente controllato, come succede in una stufa a fuoco continuo.

Per ottenere ciò bisogna disporre il combustibile nucleare in sbarre di determinate dimensioni intervallate da una sostanza di opportune caratteristiche, chiamata « moderatore » capace di rallentare i neutroni prodotti dalla fissione, ottenendo quello che si dice « reattore eterogeneo », oppure sciogliere un sale del combustibile nucleare in un liquido che funzioni contemporaneamente da solvente, da moderatore e da veicolo del calore prodotto, cioè anche da refrigerante: in tal caso si ha il « reattore omogeneo ».

La fissione ed i combustibili nucleari.

Si ha una reazione di « fissione » quando un nucleo N, dopo aver assorbito un neutrone n che lo abbia urtato, si spezza in due parti (prodotti di fissione P.F.) liberando un certo numero ν di neutroni ed una certa quantità di energia E (fig. 2).

Se il numero ν di neutroni prodotto è maggiore di 1, si rende

(1) Ing. Vittorio De Biasi, Presidente dell'ANIDEL.

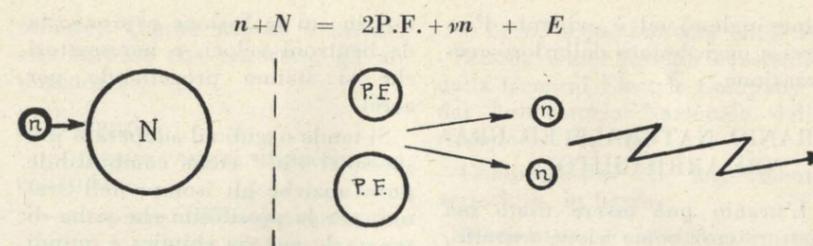
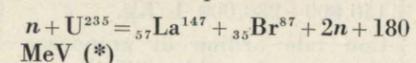


Fig. 2.

possibile, almeno in teoria, usare questi stessi neutroni per propagare la reazione, dando luogo così ad una reazione a catena.

Tale comportamento, previsto da Fermi nel 1936 fu da questi realizzato con l'uranio nel 1942 con la pila atomica di Chicago.

I prodotti di fissione possono essere diversi a seconda del modo di frantumarsi del nucleo originale N: ecco, ad esempio, una reazione molto probabile:



in essa i prodotti di fissione sono Lantanio 147 e Bromo 87, e l'energia prodotta per ogni fissione è di 180 MeV.

I neutroni prodotti dalla fissione di un nucleo possono essere anche tre anziché due.

In un numero grandissimo di fissioni, il valore medio del coefficiente ν è, per l' U^{235} , eguale a $2,46 \pm 0,03$.

Notiamo qui, incidentalmente, che gli Americani hanno speso la cifra di 100.000.000 di dollari per determinare il valore esatto di tale coefficiente, come recentemente ha dichiarato il dott. Weinberg, direttore di Oak Ridge.

Molti nuclei pesanti possono subire la fissione, ma la possibilità di realizzare una reazione a catena con un elemento naturale relativamente abbondante in natura si ha solamente per l'Uranio 235.

L'Uranio si trova allo stato naturale sotto forma di ossidi U_3O_8 ÷ U_2O_3 nella pechblenda, di ortovanadato $K_2(UO_2)_2 \cdot (VO_2)_2 \cdot 3H_2O$ nella carnotite e di ortofosfato

(*) 1 MeV = $1,603 \cdot 10^{-6}$ erg. = $3,828 \cdot 10^{-17}$ cal.

1 eV si definisce come l'energia acquisita da una qualsiasi particella che trasporti l'unità elettronica di carica quando passa attraverso una caduta di potenziale di 1 Volt.

$Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8 \div 12H_2O$ nella autunite.

L'uranio naturale che da questi viene estratto con vari procedimenti, è una miscela di vari isotopi:

$$\begin{aligned} U^{238} &= 99,28 \% \\ U^{235} &= 0,71 \% \\ U^{234} &= 0,006 \% \end{aligned}$$

Vediamo dunque che il combustibile nucleare, quello capace di dar luogo alla reazione a catena, è molto scarso in proporzione all'uranio naturale.

Ciò appare a prima vista come una grave limitazione per la quantità di combustibile di cui potremo disporre. Vedremo però che è una limitazione relativa perché si costruiscono oggi reattori in cui è possibile trasformare tutto l'Uranio 238 in un nuovo elemento fissionabile, artificiale, il Plutonio 239 (il cui nucleo ha 94 protoni e 145 neutroni) che potrà servire altrettanto bene quanto l' U^{235} come combustibile nucleare.

Anche un'altra possibilità è stata trovata: partendo da un altro elemento abbastanza comune, il Torio 232 si può ottenere l' U^{233} , altro elemento fissionabile.

Ecco perchè gli elementi fissionabili sono tre: U^{235} , Pu^{239} , U^{233} . Di questi però solo l' U^{235} si trova in natura: gli altri due si possono produrre soltanto artificialmente.

La possibilità di effettuare queste trasformazioni partendo da materiali non troppo costosi come l' U^{238} ed il Th^{232} non solo ha dissipato i timori circa le riserve di uranio e la loro consistenza, ma permetterà di abbassare il costo di produzione dell'energia.

I reattori nei quali si effettua questa conversione di U^{238} o di Th^{232} in combustibile nucleare si chiamano « breeders » (i nomi italiani di « reattori autofertilizzanti » o « autorigeneratori ») traducono in modo incompleto il ter-

mine inglese) ed è evidente l'interesse oggi destato dalla loro realizzazione.

URANIO NATURALE ED URANIO ARRICCHITO

L'uranio può essere usato nei reattori così come viene estratto, cioè come « miscela » degli isotopi composta come abbiamo detto. I primi reattori erano, infatti, ad *U naturale*.

Può essere però conveniente, invece, aumentare la percentuale di combustibile nucleare, cioè aumentare la proporzione di U^{235} rispetto all' U^{238} . Questo processo si chiama « arricchimento ». La costruzione di reattori ad uranio arricchito è stata possibile grazie all'impianto di grandi stabilimenti di separazione degli isotopi, operazione particolarmente difficile quando i pesi atomici sono poco differenti tra loro come nel nostro caso.

Si tratta di effettuare una separazione fra elementi che hanno stesse caratteristiche chimiche e pesi atomici differenti pochissimo tra loro, perciò bisogna ricorrere a speciali procedimenti fisici, come campi magnetici potentissimi (principio dello spettrografo di massa, sfruttato nel gigantesco CAL-U-TRONE) oppure a fenomeni irreversibili come la diffusione (diffusione termica o termidiffusione, diffusione di massa o atmolisi, diffusione attraverso membrane porose o diffusione gasosa).

Si pensi che l'impianto di arricchimento di Oak Ridge (U.S.A.) contiene 4.000 celle per la separazione isotopica col metodo della diffusione gasosa, sistemate in un edificio a forma di U largo 120 m. e con ciascuna delle due braccia lunghe 750 m. La potenza elettrica occorrente per il funzionamento è di ben 238.000 kW.

I progressi tecnici nella realizzazione degli impianti di arricchimento sono alla base della riduzione dei costi dell'energia nucleare.

Infine il combustibile nucleare può essere usato « puro », o, come si dice, « completamente arricchito ». Ciò avviene nella bomba atomica, nella maggioranza dei reat-

tori in cui la fissione è provocata da neutroni veloci, e nei reattori che si stanno progettando per aerei.

Si tende oggidi ad adoperare più spesso il Pu^{239} come combustibile puro anziché gli isotopi dell'Uranio, per la possibilità che si ha di separarlo per via chimica e quindi con procedimenti meno costosi.

COSTO DEL COMBUSTIBILE NUCLEARE

I dati più recenti relativi ai costi sono i seguenti: Uranio naturale: 66 doll/Kg. = 41.500 L/Kg.

Sembra una cifra elevata, ma essa è modesta in confronto a quella dell'Uranio 235 puro: 25 doll/g. = 15.300.000 L/Kg.

Acqua pesante: 60 doll/Kg. = 37.500 L/Kg.

Berillio puro 100 ÷ 200 doll/lbs = 140.000 ÷ 280.000 L/Kg.

Con tale ordine di grandezza dei costi sembrerebbe difficile riuscire a produrre energia elettrica ad un prezzo tale da far concorrenza a quella prodotta dalle centrali idro o termo-elettriche.

Ma una considerazione ci fa indovinare tale possibilità: la formula di Einstein ci mostra che 1 Kg. di U^{235} che si fissioni integralmente libera un'energia termica ⁽²⁾ pari a quella sviluppata dalla combustione di circa 2,8 milioni di Kg. di carbon fossile (antracite a 7.690 Cal/Kg).

CONSIDERAZIONI GENERALI SUI REATTORI NUCLEARI

Si hanno molte possibilità tecniche di realizzazione dei reattori nucleari. Tali possibilità sono messe in luce dalle considerazioni seguenti relative alla classificazione dei reattori:

1) secondo lo scopo: si hanno 4 possibilità:

- reattori di potenza mobili per la sola propulsione oppure
- reattori di potenza fissi per produzione di energia elettrica;
- reattori per produzione di plutonio e altri isotopi;
- reattori di ricerca;

⁽²⁾ Di 21,5 miliardi di Cal.

2) secondo l'energia dei neutroni: 3 possibilità:

— reattori termici: utilizzano i neutroni prodotti e rallentati fino al livello dell'energia termica cioè 0,025 eV (la maggioranza dei reattori finora costruiti è di questa categoria);

— r. epitermici: le reazioni di fissione sono prodotte da neutroni aventi energia media compresa fra l'energia a cui sono prodotti (2 MeV) e l'energia termica (0,025 eV). Esempio: il reattore della C.G.E. per i sommergibili;

— r. veloci: utilizzano i neutroni all'energia a cui sono prodotti. Esempio di un reattore veloce non controllato: bomba atomica. Esempio di reattore veloce controllato: quello Breeder sperimentale delle Argonne;

3) secondo la disposizione del combustibile: 2 possibilità:

— eterogenei: il combustibile è disposto in sbarre solide, intervalate da uno spazio riempito dal moderatore e dal refrigerante;

— omogenei: il combustibile occupa tutto il volume del « nocciolo » del reattore, in soluzione liquida omogenea con il moderatore;

4) secondo il tipo di combustibile impiegato: 3 possibilità:

- uranio naturale;
- uranio leggermente arricchito;
- uranio totalmente arricchito (U^{235} puro);

5) secondo il moderatore: 5 possibilità:

- ad acqua naturale;
- ad acqua pesante;
- a grafite;
- con berillio od ossido di berillio;
- con liquidi organici (difenile, terfenile);

6) secondo il fluido di raffreddamento: 4 possibilità:

- ad acqua naturale;
- ad acqua pesante;
- a gas (di solito CO_2);
- a metalli liquidi.

La tabella di fig. 3 riunisce in un quadro sinottico la classificazione fatta.

È interessante notare quali sono le possibilità di combinazione teoricamente possibili: $4 \times 3 \times 2 \times 3 \times 5 \times 4 = 1.440$ tipi diversi di reattori.

CLASSIFICAZIONE DEI REATTORI NUCLEARI					
Scopo	Energia dei neutroni	Disposizione del combustibile	Tipo del combustibile	Moderatore	Fluido di raffreddamento
· di potenza mobili	· termici	· eterogenei	U naturale	· H_2O	· H_2O
· di potenza fissi	· epidermici		U leggermente arricchito	· D_2O	· D_2O
· produttori di Pu e di isotopi	· veloci	· omogenei	U totalmente arricchito	· grafite	· gas
· di ricerca				· Be; BeO	· metalli liquidi
4	3	2	3	5	4
1440					

Fig. 3.

In realtà alcune combinazioni risultano a priori, se non incompatibili, sicuramente meno redditizie di altre, ma con tuttocì il numero di prototipi già attuati, in via di esperimento o di progetto, non è riducibile a meno di una ventina di tipi.

GLI SCHEMI PIÙ PROMETTENTI DI REATTORI NUCLEARI

Illustriamo qui cinque degli schemi più promettenti di reattori nucleari:

1) *Acqua sotto pressione* (P.W.R. - Pressurized Water Reactor - costruito dalla Westinghouse, per potenza e per sommergibili - Fig. 4):

Combustibile: U arricchito, in barre.

Moderatore e refrigerante: acqua naturale.

Una pressione di 140 atm. mantiene l'acqua allo stato liquido.

L'acqua, estratta a 260° C, è mandata a uno scambiatore di calore primario dove trasforma in vapore altra acqua (a pressione

minore). Questo vapore è inviato alle turbine che muovono gli alternatori.

Vantaggi:

- tecnica ormai conosciuta e collaudata,
- impiego dell'acqua naturale.

2) *Ad acqua bollente* (B.W.R. - Boiling Water Reactor - costruito dalla General Electric Company e dal Laboratorio Nazionale delle Argonne - Fig. 5):

Combustibile: U leggermente arricchito, in barre.

Moderatore e refrigerante; acqua naturale, alla pressione di 35 atm. A differenza dell'altro, qui l'acqua vaporizza passando nel « nocciolo » del reattore e viene mandata direttamente alla turbina accoppiata al generatore.

Vantaggi:

- eliminazione dello scambiatore di calore,
- pressioni più basse,
- miglioramento delle condizioni del vapore,
- impiego di un liquido economico.

Svantaggi:

- il vapore è radioattivo, quindi
- occorrono precauzioni ferree per evitare perdite e contaminazione,
- impiego di U arricchito,
- corrosioni.

3) *A sodio - grafite* (S.G.R. - Sodium - Graphite Reactor - costruito dall'Atomic International - North American Aviation - Fig. 6):

Combustibile: U leggermente arricchito, in barre.

REATTORE AD ACQUA SOTTO PRESSIONE (PWR)

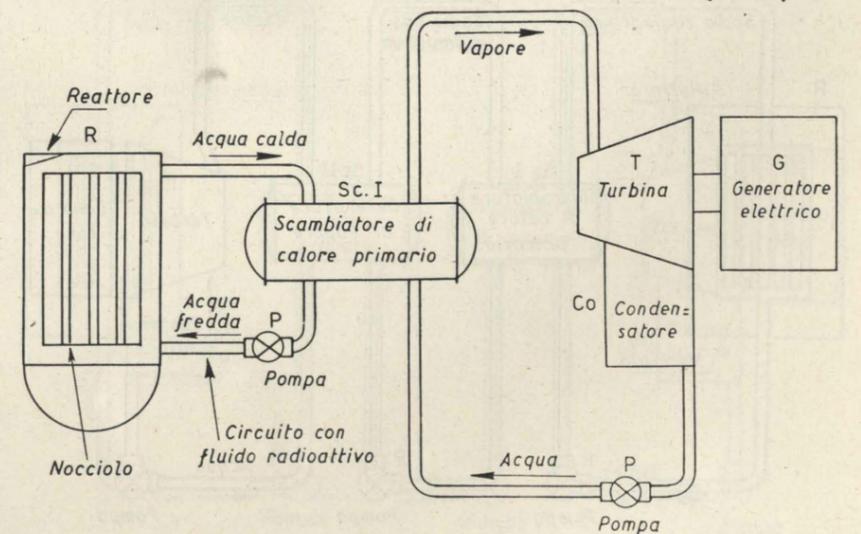


Fig. 4.

REATTORE AD ACQUA BOLLENTE (BWR)

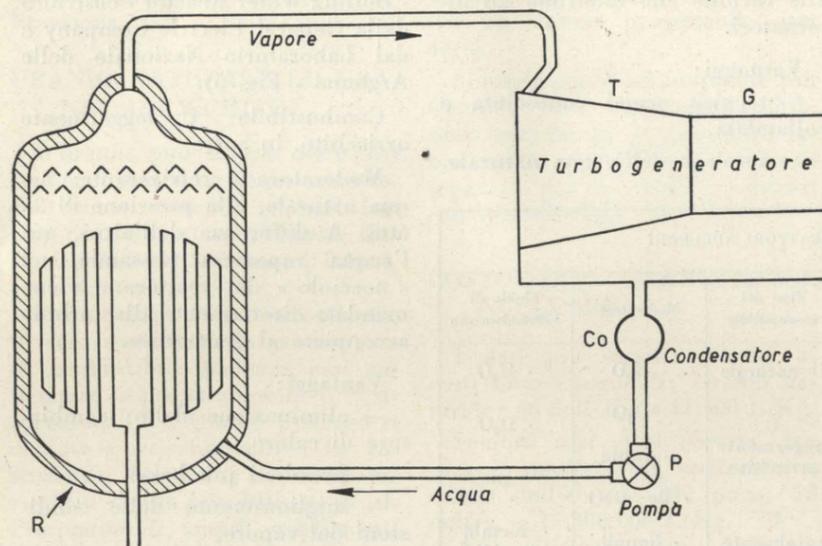


Fig. 5.

Moderatore: grafite in elementi prismatici esagonali forati.

Refrigerante: sodio metallico fuso.

Poichè il sodio, attraversando il « nocciolo » del reattore diventa molto radioattivo, occorre spezzare in due il ciclo di raffreddamento.

In uno scambiatore di calore primario esso scalda dell'altro sodio.

Il sodio del secondo ciclo, attraversando uno scambiatore di

calore secondario, vaporizzerà dell'acqua e il vapore prodotto andrà alle turbine.

Vantaggi:

- alte temperature, quindi
- buon rendimento termico,
- basse pressioni,
- la tecnologia del sodio è già avanzata.

Svantaggi:

- il sodio è pericoloso per le reazioni con l'acqua, quindi

REATTORE A SODIO E GRAFITE (SGR)

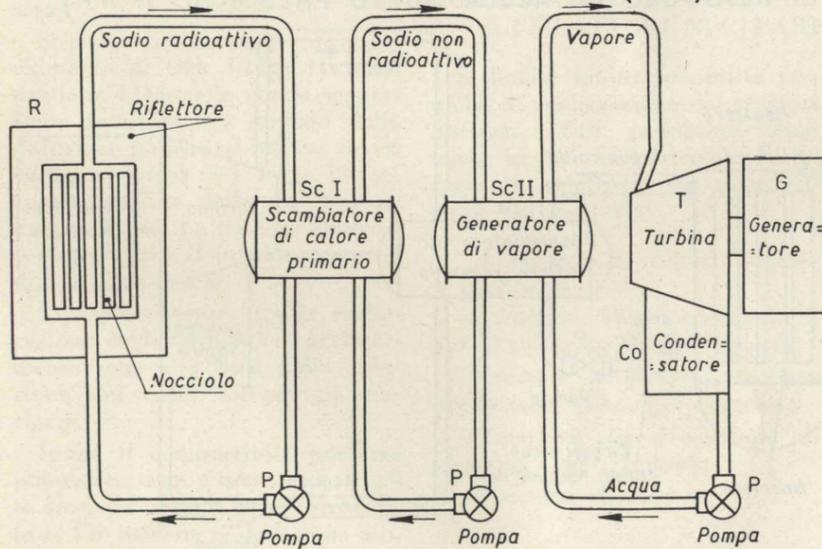


Fig. 6.

- tenute stagne,
- pompe speciali (anche elettromagnetiche),
- alta temperatura dei materiali e nuovi problemi della loro tecnologia,
- impiego di U arricchito.

Un impianto di questo tipo era stato installato a bordo del secondo sommergibile atomico americano, il « Sea Wolf », ma gli inconvenienti riscontrati ne hanno consigliato la sostituzione con un reattore del tipo PWR.

4) Ad U naturale - grafite e raffreddato a gas.

Gli impianti denominati « G 1 » e « G 2 » in Francia, e quello di Calder Hall in Inghilterra, sono di questo tipo - Fig. 7:

Combustibile: U naturale in barre.

Moderatore: grafite in elementi esagonali forati.

Refrigerante: anidride carbonica sotto pressione.

Il gas è posto in circolazione da apposite soffianti ed è inviato nei canali del reattore da cui asporta il calore generato dalle barre di uranio per portarlo in uno scambiatore di calore dove, in un serpentino, avviene la vaporizzazione di acqua del circuito delle turbine. Il gas, dallo scambiatore torna alle soffianti mentre il vapore in uscita dalle turbine passa nei condensatori da cui, sotto forma di acqua è rimandato al serpentino dalle pompe di circolazione. Le turbine azionano gli alternatori che generano l'energia elettrica.

Vantaggi:

- impiego di uranio naturale (caratteristica di grande importanza per l'economia e l'indipendenza di alcune Nazioni),
- basse pressioni,
- tecnologie conosciute,

Svantaggi:

- grandi dimensioni,
- basso rendimento termico,
- costo di installazione alquanto maggiore di quello degli impianti precedenti.

5) Breeder veloce (F.B.R. - Fast Breeder Reactor - costruito per la Detroit Edison - Fig. 8):

Combustibile: U^{235} puro, senza moderatore, contenuto in un rivestimento di U^{238} costituente il materiale fertile in cui si viene a produrre Plutonio 239 (se il rivestimento fosse Torio si produrrebbe Uranio 233).

Refrigerante: Sodio metallico fuso.

Anche in questo caso il sodio, attraversando il « nocciolo » del reattore diventa molto radioattivo ed è perciò necessario spezzare il ciclo di raffreddamento in due anelli, come nel reattore SGR.

Vantaggi:

- elevata utilizzazione delle risorse nucleari mediante produzione di altro combustibile (Pu^{239} o U^{233}). Viene prodotto così, oltre all'energia derivante dalla fissione dell' U^{235} , anche dell'altro combustibile (gli impieghi pratici del quale, allo stato attuale della tecnica, sono soltanto militari).

Svantaggi:

- produzione del combustibile U^{235} con metodi difficoltosi e costosi,
- pericoli maggiori in caso di disastro,
- tecnica del controllo e della sicurezza ancora poco conosciuta,
- dati sperimentali ancora scarsi ed incompleti.

2) SITUAZIONE ATTUALE DELLA COSTRUZIONE DI REATTORI NEL MONDO ED IN ITALIA

Il numero dei reattori costruiti fino ad oggi e di cui si prevede il prossimo funzionamento nel mondo è rappresentato dal diagramma di fig. 9:

Nel 1955, quando ebbe luogo la conferenza di Ginevra, il numero dei reattori costruiti era prossimo alla cinquantina. Entro l'anno 1957 un centinaio di reattori sarà complessivamente in funzione. L'incremento futuro è facilmente prevedibile.

Nella maggioranza dei reattori costruiti fuori degli Stati Uniti il combustibile è Uranio naturale. Ciò si deve sia al fatto che l'offerta del Presidente Eisenhower di mettere a disposizione 20.000 Kg. di Uranio 235 puro, per un valore di 500.000.000 di dollari

REATTORE AD U NATUR. - MODERATO A GRAFITE E RAFFREDDATO A GAS

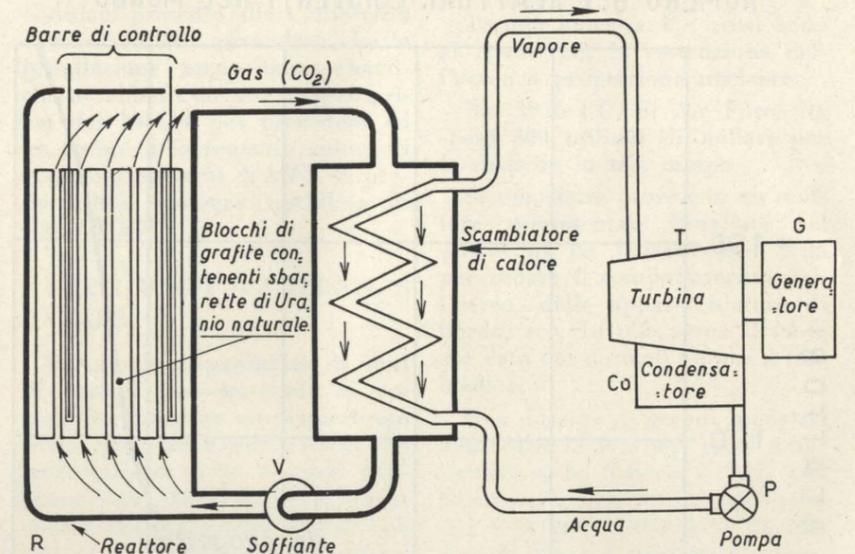


Fig. 7.

(312 miliardi di lire) per i reattori di altre Nazioni non ha ancora avuto il tempo di influenzare i programmi di costruzione di molti Paesi, sia perchè molte Nazioni, non potendo affrontare la spesa di costruzione di un impianto di separazione per fabbricare l'U arricchito, ritengono più economico lavorare con U naturale e conveniente rimanere indipendenti dalle fonti di combustibile arricchito.

Soltanto la Russia e l'Inghilterra, oltre agli U.S.A., possiedono tale impianto di separazione, ed

è intorno alla convenienza di costruirne uno con gli sforzi finanziari congiunti dei sei Paesi della Comunità Europea che si è discusso all'EURATOM in questi giorni. Si pensi che un impianto del genere, capace di produrre in un anno 1500 Kg. di U^{235} puro costerebbe oggi 60 miliardi di lire e richiederebbe un lavoro di 5 anni e una centrale elettrica di alimentazione di 300.000 kW...!!! Fornisco ora qualche dato sui programmi in corso di realizzazione:

BREEDER VELOCE

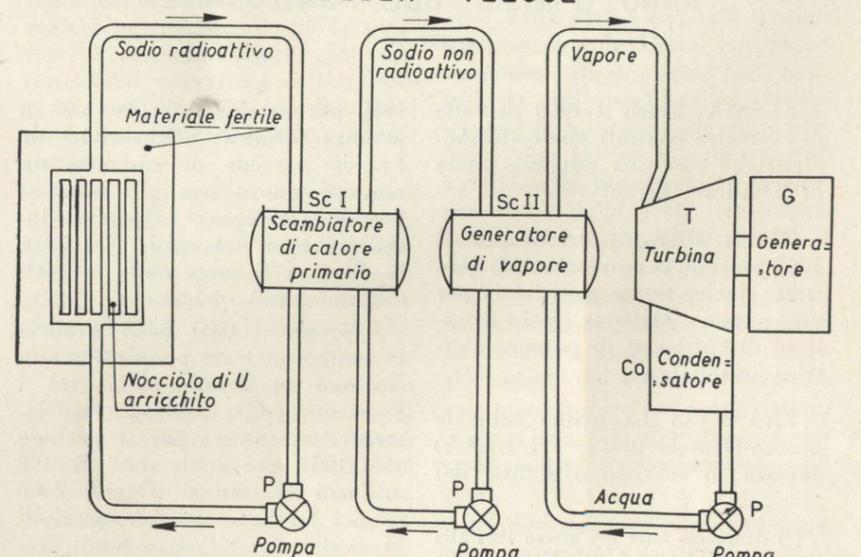


Fig. 8.

NUMERO DEI REATTORI ESISTENTI NEL MONDO

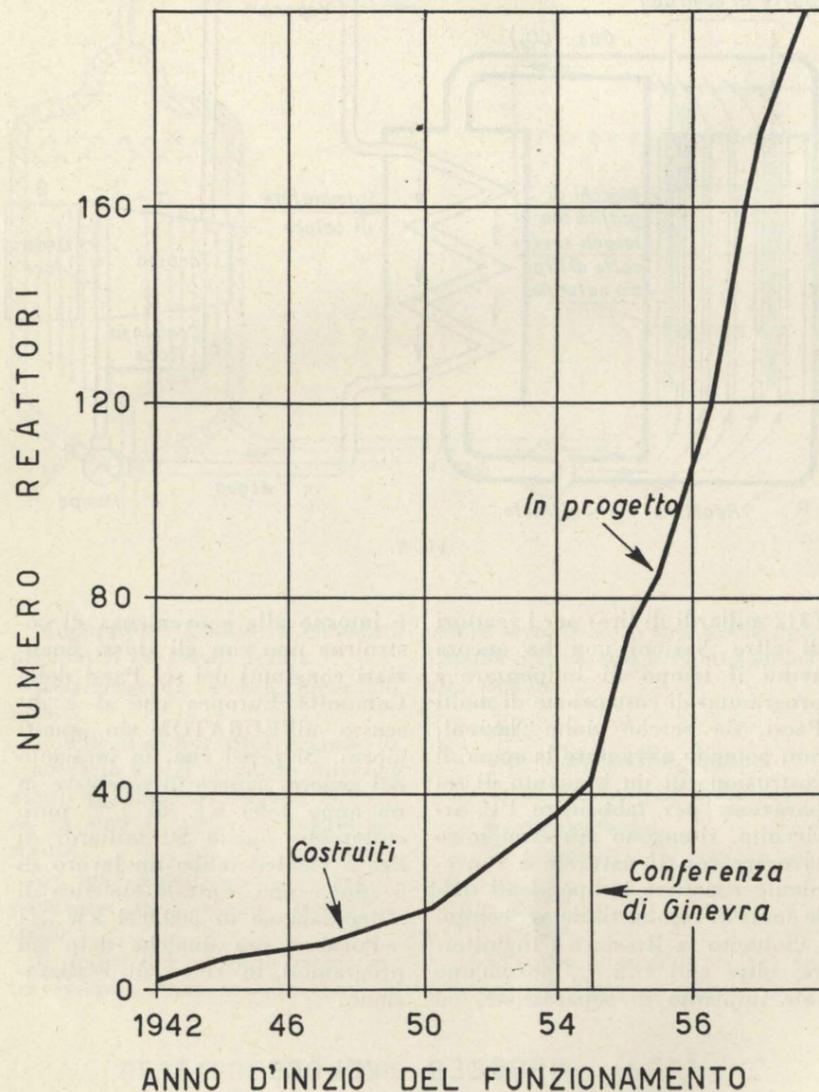


Fig. 9.

RUSSIA: entro il 1960 prevede di costruire centrali nucleo-termoelettriche con una potenza totale di 2 milioni di chilowatt.

GRAN BRETAGNA: entro il 1965 prevede la costruzione di centrali nucleo-termoelettriche per una potenza elettrica di 5÷6 milioni di chilowatt di potenza elettrica installata⁽³⁾.

FRANCIA: La prima centrale nucleo-termoelettrica (L'EDF-1) entrerà in servizio alla fine del

⁽³⁾ Annuncio fatto nel marzo 1957 alla Camera dei Comuni dal Ministro per l'energia.

1959 per produrre 60.000 kW di potenza termica. L'Electricité de France prevede di costruire un reattore nuovo ogni 18 mesi al fine di raddoppiare la potenza installata ogni 3-4 anni. Nel 1976 in Francia la metà delle centrali saranno termonucleari.

I progressi fatti dalla Francia in campo nucleare pongono questa Nazione in primo piano tra i Paesi europei, grazie agli stanziamenti governativi per il periodo 1950-1957 che sono stati di 100 miliardi di franchi. Oggi 2400 tecnici lavorano nei laboratori di Marcoule e nel Centro Studi Nucleari di Saclaj.

In Francia funzionano oggi 3 pile di ricerca e 1 reattore plutonigeno, presto seguito entro l'anno da una pila-laboratorio ad alto flusso di neutroni e da un primo reattore sperimentale di 30.000 kW elettrici di potenza.

GERMANIA: ha già acquistato negli U.S.A. 4 reattori di ricerca, da installare in altrettante Università ed altri due reattori di potenza per conto di industrie private e statali. Altri due reattori saranno fabbricati da ditte tedesche.

ITALIA: diversi organismi si occupano dell'energia nucleare.

Tre grandi industrie settentrionali si accordarono nel 1948 per dar vita al C.I.S.E. (Centro Informazioni Studi Esperienze) a Milano, che in circa cinque anni ha formato una quarantina di ricercatori: fisici, radiochimici ed ingegneri; ha impiantato laboratori e impianti piloti.

Altri Enti sono:

A Roma il C.N.R.N. (Comitato Nazionale Ricerche Nucleari) di emanazione governativa;

L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, con le sue sezioni presso le Università di Roma, Milano, Torino, Pisa e Padova.

Dal 1952 al '56 il C.N.R.N. ha avuto in assegnazione circa 3 miliardi di lire, con le quali, oltre a mantenere in vita le sue istituzioni, ha provveduto ad allestire:

— a Torino, 1 sincrotrone da 100 MeV;

— a Frascati, 1 sincrotrone da 1000 MeV (in costruzione);

— un impianto-pilota per produzione di 5 tonn/anno di U nat. metallico;

— un impianto per produzione di D₂O a Larderello;

— l'acquisto dagli U.S.A. di un reattore da 10 MW termici del tipo CP-5 (U arricchito, moderato e refrigerato ad acqua pesante) che verrà installato ad Ispra, sul Lago Maggiore.

Da pochi mesi il Governo ha formulato un piano quinquennale (1957-61) che prevede la spesa di 20 miliardi di lire annue per un totale di 100 miliardi.

Con esso si prevede di acquistare:

— 1 reattore per esperienze sui metalli (MTR);

— 1 pila plutonigena;

— 1 grande reattore di potenza;

— allestire due grandi laboratori di ricerche, uno a Ispra e l'altro a Frascati;

— allestire corsi per preparare 200 tecnici all'anno.

Nel campo dell'effettiva produzione dell'energia elettrica le principali iniziative, oltre quella dell'ENI che si interessa non solo delle ricerche di minerali ma anche della produzione di energia, sono:

— quella della Società Elettro-nucleare, formata collettivamente da tutti i principali produttori di energia elettrica e fabbricanti di macchinario, che si propone la costruzione di una centrale da 100.000 kW di potenza installata;

— quella della Società Edison, che ha progettato la rapida costruzione di una centrale probabilmente alimentata da reattori ad uranio arricchito e per una potenza elettrica di 134.000 kW;

— quella delle Società Fiat e Montecatini, che oltre a partecipare alla già nominata Società Elettro-nucleare, hanno costituito la SORIN (Società Ricerche Nucleari) che si propone, oltre che di sviluppare le ricerche e la produzione di isotopi, di costruire — forse associandosi ad altri — due centrali della potenza superiore a 100.000 kW, una alimentata da un reattore ad uranio naturale, l'altra alimentata da un reattore ad uranio arricchito;

— quelle di altre Società private o del Gruppo IRI, che stanno studiando località e progetti.

Tuttavia al momento attuale nessuna di queste iniziative ha concretato la località, nè tanto meno ha iniziato i lavori.

Sono però in corso trattative riguardanti le ordinazioni degli impianti. Sicchè nel migliore dei casi il primo impianto su scala industriale italiano non potrà funzionare che dopo il 1960, perchè si calcola che occorra almeno un tempo di quattro anni dalla decisione dell'impianto all'entrata in servizio di esso.

Nella relazione che il professor Giordani presentò alla Conferenza di Ginevra, egli prevedeva che le installazioni nucleo-termoelettriche avrebbero dovuto sorgere prima del 1965 e poi procedere ad un ritmo di incremento annuo di almeno 3 miliardi di kWh di producibilità (potenza installata di 400.000 kW).

STATI UNITI D'AMERICA E CANADÀ.

La grande disponibilità di fonti di energia convenzionali di cui gode il continente nord-americano rende meno pressante la corsa alla realizzazione delle centrali elettronucleari. Gli Stati Uniti hanno quindi diretto i loro sforzi alla ricerca ed al progresso tecnologico dei reattori.

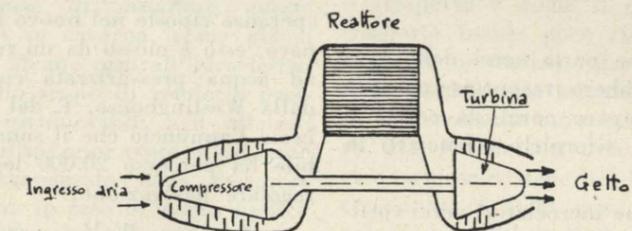


Fig. 10 - Schema di un reattore a ciclo diretto raffreddato ad aria per aereo a propulsione nucleare.

3) CONSIDERAZIONI VARIE SUI REATTORI NUCLEARI

Entro il breve periodo di un decennio le realizzazioni delle centrali nucleo-termoelettriche e della propulsione atomica saranno realtà che influenzeranno la politica, l'economia nonché la condotta delle operazioni militari così come, nel decennio 1945-55, hanno fatto la bomba atomica e l'elicottero.

È da notare che i perfezionamenti tecnici hanno compiuto i maggiori progressi sotto l'assillo delle preoccupazioni derivanti dalla situazione politico-militare determinatasi durante questo dopoguerra.

Se tali realizzazioni verranno utilizzate unicamente a scopi di pace gli uomini potranno sperare di innalzare il loro tenore di vita ovunque ad un livello più che soddisfacente.

Le realizzazioni alle quali accenniamo sono le seguenti:

Aerei a propulsione nucleare.

Tecnici americani e russi sono al lavoro per la costruzione dell'aereo a propulsione nucleare.

Nel 1956 l'U. S. Air Force ha speso 300 milioni di dollari per le ricerche in tale campo.

Si sono fatte prove con un reattore sperimentale installato nel ventre di un bombardiere B 36 per vedere il comportamento dell'aereo, delle apparecchiature di bordo, ecc. In tale aereo il moto era dato dai normali motori a turboelica.

Una dozzina di grandi industrie americane lavora oggi per l'Aeronautica e la Marina U.S.A. per realizzare presto un aereo atomico. Vantaggio principale di tale tipo di aereo: l'autonomia pressochè illimitata.

Si pensa di utilizzare il reattore nucleare come fonte di energia per il riscaldamento dell'aria captata dall'esterno in un motore a getto.

Le soluzioni tentate potrebbero essere due:

— nella prima (fig. 10) il compressore manda l'aria aspirata e compressa direttamente nel reattore da cui, riscaldata ad elevata temperatura, si espande nella turbina (che aziona il compressore) e nell'ugello di scarico. In tale disposizione delle parti l'aria uscirebbe dal reattore contaminata e radioattiva;

— nella seconda (fig. 11), il riscaldamento dell'aria verrebbe fatto in uno scambiatore di calore alimentato dal reattore, evitando così la contaminazione dell'aria di scarico, ma con diminuzione del rendimento termodinamico del ciclo.

I problemi tecnici da superare sono ancora, ovviamente, numerosi e gravosi, ma sembra presu-

mibile che entro un paio di anni il primo aereo atomico divenga una realtà.

Si pensi, tra l'altro, che tale aereo dovrà pesare dalle 200 alle 1000 tonnellate, e che la potenza termica sviluppata dovrà essere almeno di 30.000 HP, ma il dato che sembra più probabile pare che sia di 100.000 kW.

fonte di contaminazione di vaste aree. Questo è uno dei problemi, insieme con quello della schermatura, che maggiormente impegna oggi i progettisti.

Naviglio a propulsione nucleare.

La Marina U.S.A. ha già allestito due sommergibili atomici: — il « Nautilus » che ha già

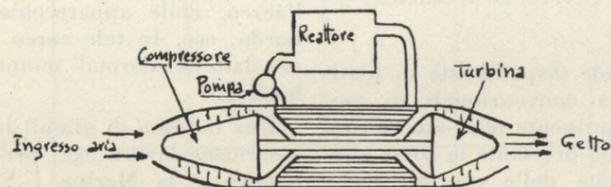


Fig. 11 - Schema di un reattore a ciclo indiretto con raffreddamento a liquido.

La possibilità offerte da queste macchine volanti sarebbero le seguenti:

— come porta aerei dello spazio potrebbero trasportare nel loro ventre capace aerei da caccia e d'assalto, rifornirli e lanciarli in volo;

— come incrociatori aerei costituire basi mobili velocissime per il lancio di missili aria-aria ed aria-terra;

— come aeronavi da trasporto consentiranno l'improvviso concentramento di mezzi in una zona prefissata facilitando la concentrazione degli sforzi in un determinato punto o lo sfruttamento del successo dopo un'azione atomica. Ma a queste prestazioni belliche potrebbero far riscontro analoghe e più utili possibilità pacifiche;

— in luogo di essere portaerei e incrociatori dello spazio, potrebbero trasportare o prendere a rimorchio gli aerei commerciali i cui motori servirebbero soltanto per le partenze e gli arrivi ai singoli aeroporti di scalo, mentre alla potenza per il viaggio vero e proprio sopprimerrebbe il rimorchiatore atomico.

Particolari precauzioni costruttive si stanno studiando per evitare che, in caso di disastro aereo, il reattore contenuto nell'aereo distrutto si tramuti in una bomba atomica o per lo meno in una

compiuto più di un anno di vita, e che ha risposto pienamente alle speranze riposte nel nuovo tipo di nave, esso è mosso da un reattore ad acqua pressurizzata costruito dalla Westinghouse. È del 5 febbraio l'annuncio che il sommergibile ha percorso 20.000 leghe in regolare navigazione;

— il « Sea Wolf » varato da poco, ma sul quale il reattore sodio-grafite per esso progettato e costruito non verrà più montato, causa le noie tecniche manifestate nelle prove: avrà un impianto simile a quello del « Nautilus »;

— altri due sommergibili sono ora in costruzione per un costo totale di 32 miliardi di lire: lo « Skate » e lo « Swordfish », saranno azionati da reattori S.F.R. (Submarine Fleet Reactor) del tipo ad acqua sotto pressione, della Westinghouse;

— altri sommergibili atomici sono stati previsti dal bilancio fiscale del 1957, e costeranno ognuno 30 miliardi di lire.

La Marina Militare Americana allestirà inoltre alcune navi di superficie a propulsione nucleare.

Il naviglio da guerra si presta cioè già fin d'ora all'installazione di apparati motori nucleari per i quali il maggior costo attuale di esercizio è giustificato dalle prestazioni superiori. Portaerei, corazzate e incrociatori possono già

ricevere un apparato motore nucleare.

Per il naviglio mercantile i vantaggi sono attualmente meno vistosi ma si prevede l'installazione di gruppi propulsori a bordo di navi da carico e di superpetroliere: la Ford Instrument Co. sta sperimentando un reattore moderato e raffreddato a gas, a ciclo chiuso, che presenterebbe buone caratteristiche per tali tipi di impianto.

Ferrovie.

Negli U.S.A. e nell'U.R.S.S. sono in progetto locomotive a propulsione nucleare. Alla Conferenza di Ginevra l'Unione Sovietica ha reso noto lo studio di massima di una locomotiva nucleare di 5500 HP di potenza. Tuttavia allo stato attuale della tecnica le progettate applicazioni ferroviarie dell'energia nucleare, nel senso di montare i reattori sulle locomotive, sono accolte con grande scetticismo.

Impianti fissi.

Per scopi militari si costruiranno centrali nucleo-termo-elettriche facilmente trasportabili (magari scomponibili per l'aerotrasporto), con spiccate caratteristiche di sicurezza di funzionamento, maneggevolezza, possibilità di impiego in località deserte, aride lontane da centri abitati.

Il tipo ideale di un reattore adatto a tali usi sembrerebbe essere quello a combustibile arricchito, moderato a grafite e raffreddato a gas (elio) a ciclo chiuso, con turbina a gas.

Per ora l'Esercito Statunitense ha ordinato a una Ditta privata un reattore (APPR) ad acqua sotto pressione, di modesta potenza termica da sperimentare entro l'anno.

È tuttavia evidente come questi impianti che a titolo sperimentale si costruiscono ora per l'impiego militare si presteranno egregiamente per costituire centrali per il rifornimento energetico di zone desertiche sottosviluppate consentendo l'irrigazione o la bonifica di

tratti di terreno ora sterili od inutilizzabili.

Ma veniamo ora alle più importanti

Centrali nucleo-termo-elettriche.

Già nella fase iniziale di studio per la scelta dei tipi di reattori nucleari sui quali una Nazione vuole orientarsi è implicita una considerazione di grande importanza militare: si pensi infatti che i reattori « autofertilizzanti » (breeders) o « convertitori », capaci di produrre plutonio oltreché energia, consentiranno di fabbricare bombe atomiche al plutonio, o, per lo meno, di accantonare scorte di tale prezioso elemento.

La scelta che i tecnici, gli industriali ed i governanti fanno in relazione alla scelta dei tipi di reattore che dovranno essere costruiti in maggior numero in una Nazione, ha conseguentemente un grande peso da un punto di vista militare, ed ecco perciò che i Supremi Organi che presiedono ai destini della Nazione devono prendere in considerazione anche questo aspetto del problema.

La Francia, che non si rassegna a cedere il rango di Grande Potenza, ha già da tempo imboccato questa « via del Plutonio » appunto per avere la possibilità di costruire più facilmente essa stessa armi nucleari malgrado le limitazioni della sua economia.

La costruzione e entrata in esercizio delle centrali nucleo-termo-elettriche influenza le operazioni belliche in campo strategico in quanto quelle di maggiore potenza costituiscono fonti di energia per vaste aree e numerose industrie: esse diventano così obiettivi militari di primo ordine in quanto il loro funzionamento ha influenza diretta sulla produzione industriale e sull'economia di una Nazione. Le installazioni delle quali si sono visti i disegni, le fotografie ed i film mostrano caratteristiche che, per quanto si riferisce alle dimensioni ed alla protezione, non le rendono dissimili dalle comuni centrali termo-elettriche. Sono meno vulnerabili

perciò di quelle idroelettriche per le quali la distruzione delle dighe o delle condotte forzate ne viene ad impedire il funzionamento.

Nelle costruzioni delle attuali centrali nucleo-termo-elettriche vediamo due soluzioni nella sicurezza dell'installazione contro eventuali scoppi del reattore:

— la prima è una grande sfera di acciaio, di decine di metri di diametro, che racchiude l'intero corpo del reattore e almeno il circuito primario del refrigerante quando non addirittura anche le turbine;

— la seconda è la disposizione del reattore e dei circuiti del refrigerante entro grandi camere ininterrotte.

Sembrirebbe augurabile, dal punto di vista difensivo, che si prevedesse di installare queste centrali in caverna, come già si fa per alcune centrali idroelettriche, allo scopo di renderle pressoché invulnerabili agli attacchi aerei; il maggior costo d'impianto sarà compensato dalla maggiore sicurezza in caso di eventi bellici.

Finora soltanto la Svezia ha tenuto conto di tali considerazioni costruendo i suoi impianti nucleari in caverna.

Due fattori hanno consigliato una tale soluzione agli Svedesi:

— la natura geologica della piattaforma continentale scandinava (prevalentemente granito), in cui è possibile scavare grandi gallerie senza eccessive preoccupazioni per la stabilità e la resistenza delle pareti;

— le ferree necessità di sicurezza che la neutralità impone alle Nazioni che tale politica scelgono e perseguono.

D'altra parte occorre anche tener presente il fattore economico del problema:

— le spese di impianto, che sono già molto rilevanti nel momento attuale di sviluppo della tecnica nucleare, diventano molto più ingenti se si dovesse prevedere sempre l'installazione in caverna, e le esigenze della concorrenza e del libero mercato pongono quin-

di tali spese supplementari fuori della portata e della convenienza delle imprese private;

— le difficoltà tecniche quasi insormontabili che si presentano per quanto riguarda il raffreddamento dei reattori installati in caverna le quali, anche se superate, aumenterebbero ancora le spese di impianto.

Per ultimo, una considerazione geopolitica: la minore influenza dei costi di trasporto e quindi delle vie di comunicazione sul combustibile nucleare. Poiché sono sufficienti poche decine di tonnellate di uranio naturale oppure qualche centinaio di chilogrammi di uranio 235 per far funzionare un reattore di potenza per parecchi mesi, si comprende come sia abbastanza facile il provvederle il trasporto e come il costo del trasporto incida poco rispetto al costo di produzione. La crisi di Suez avrebbe ben minore influenza sull'economia europea se fossero già funzionanti centrali nucleo-termo-elettriche nei Paesi europei. Si constata così come il valore geopolitico di determinate zone possa mutare con l'utilizzazione dell'energia nucleare e come aree finora ritenute di scarsa influenza nell'economia mondiale possano diventare estremamente importanti se riveleranno nelle loro viscere l'esistenza di giacimenti del nuovo prezioso minerale.

Le regioni in cui si sono trovati e sfruttati giacimenti di uranio sono:

— il Canada, Paese con le maggiori riserve di uranio del mondo occidentale. I depositi si trovano ai margini dello scudo canadese, nel Quebec, nell'Ontario, nel Saskatchewan, con giacimenti filoniani presso il Gran Lago degli Orsi ed a Beaverlodge, e con giacimenti sedimentari presso Blind River (Ontario).

Si prevede che nel 1960 il Canada potrà fornire 10-15 mila tonnellate annue di uranio metallico.

— gli Stati Uniti, ove nel 1948 esistevano due sole miniere ed oggi se ne conta qualche centinaio.

I più importanti giacimenti sono sul Plateau del Colorado.

La produzione prevista per il 1960 è di 6-8 mila tonn. annue di uranio metallico.

— *Sud Africa*, dove l'estrazione dell'uranio viene fatta come recupero dai procedimenti di estrazione cui vengono sottoposti i minerali auriferi del Rand, che ne contengono un tenore molto basso.

Per il 1960 la produzione prevista di uranio metallico è di 5-6 mila tonn. annue.

— *Congo belga*, ove il giacimento di Shinkolobwé è di grandissima importanza, per quanto non si posseggano dati precisi sulla sua entità. Esso contiene il minerale ad alta concentrazione, ed ha dato finora il maggior contributo alle forniture di uranio al mondo occidentale. Il Congo viene al quarto posto come produttore di uranio per l'Occidente.

— *Francia*. In questo Paese, dove da quasi 100 anni è noto il giacimento di Autun, si svolge oggi un poderoso sforzo di ricerche. Cinquanta geologi e centoventi prospettori qualificati, con mezzi tecnici auto- ed avio-transportati sono in azione per un lavoro sistematico di ricerca.

I giacimenti trovati, di origine filoniana, contengono in prevalenza pechblenda. Si è scoperta così una provincia uranifera che si estende a nord del Massiccio Centrale fino in Vandea ed ai Vosgi. I giacimenti più importanti sono a La Crouzille, a La Faye (Saône et Loire), a Lachaux ed Ambert (Puy de Dôme), a Limouzat (Forez).

La produzione annua nel 1960 toccherà le 3 mila tonnellate.

— *Australia*. Vi si trovano giacimenti nei Territori del Nord (Rum Jungle), nel Queensland e nell'Australia del Sud (Radium Hill). Nel 1960 si produrranno circa 5 mila tonn. di concentrato di ossido di Uranio.

— *Portogallo*. I depositi filoniani delle pegmatiti erciniche di Douro e Beiras consentono attual-

mente una produzione di 150 tonn. annue. L'ammontare delle riserve non è ancora stato accertato.

— *Svezia, Inghilterra*. Gli scisti uraniferi svedesi consentono una modesta produzione molto costosa, e i giacimenti di Cornovaglia sono poco redditizi per l'associazione dello stagno.

— *Blocco sovietico*. Le notizie ad esso relative sono molto scarse. È certo che è stato dato grande impulso all'estrazione del minerale dalle miniere già conosciute: in quelle della Boemia si lavora a turni continuati con manodopera coatta. Così dicasi per i giacimenti di cernobite del bacino sedimentario del Turkestan. Anche nella Siberia sud-occidentale si sono trovati giacimenti nel bacino di Ferghana.

Analoga interessantissima rassegna si può imbastire per la produzione del Torio, che si estrae dalle monaziti, legate alla produzione di terre rare. Basti citare i depositi di Travancore (India), Ceylon, Madagascar, Australia, Brasile, Florida, California, Sud-Africa.

— *Italia*. Siamo appena agli inizi. Il Comitato Nazionale Ricerche Nucleari ha sviluppato un importante lavoro di studio per l'investigazione e la ricerca. Con la collaborazione fattiva di varie società, quali la Montecatini, la SOMIREN, la Società Mineraria e Chimica per l'Uranio, ed altre, non mancheremo di raggiungere cospicui risultati poichè alcune zone dell'Italia appartengono alla stessa provincia uranifera del massiccio ercinico dell'Europa Occidentale che, dalla Cornovaglia, attraverso il Portogallo, la Spagna, la Francia, si estende nell'Italia settentrionale, nella Germania meridionale ed in Boemia.

Dalle considerazioni fin qui svolte si nota come i problemi che sorgono con l'utilizzazione di questa nuova fonte di energia sono di grande ampiezza e di importanza eccezionale perchè investono ad un tempo l'economia, la produzione, la politica e la difesa degli Stati moderni.

Occorre quindi che al più presto si formi una opinione pubblica orientata giustamente ed ampiamente informata, ed in ciò i tecnici più qualificati, quali coloro ai quali ho l'onore di parlare stasera, devono svolgere un'azione preminente e benefica nell'indirizzare, illuminare e guidare l'uomo della strada.

Giovanni Cesarani

BIBLIOGRAFIA

- J. A. LANE, *Where Reactor Development Stands Today*, dalla rivista «Nucleonics», agosto 1956.
- *Report from Italy*, da «Nucleonics», ottobre 1956.
- Sir John COCKCROFT, *L'avenir de l'énergie atomique*, da «La ricerca scientifica», gennaio 1956.
- Dati relativi al costo di navi a propulsione nucleare, da «La ricerca scientifica», aprile 1956.
- Ing. Vittorio DE BIASI, Presidente dell'ANIDEL, *La produzione italiana di energia elettrica si è sviluppata a ritmo sostenuto nel 1956*, dal quotidiano «Il Globo», del 3 gennaio 1957.
- Relazioni sugli aspetti tecnici ed economici delle applicazioni dell'energia nucleare svolte alle *Giornate dell'energia nucleare* tenutesi a Milano il 15 e 16 dicembre 1956, dalla rivista «Energia Nucleare», supplemento al vol. 3.
- R. STEPHENSON, *Introduction to Nuclear Engineering*, McGraw Hill Book Co., 1954.
- J. BUSSAC, Ingegnere del Centro Studi Nucleari di Saclay, Conferenze tenute nel maggio 1956 presso il Politecnico di Torino al 1° Corso di Perfezionamento di Ingegneria Nucleare «G. Agnelli».
- R. BALENT, Group Leader Preliminary Analysis - Atomic International - North American Aviation, Conferenze svolte nell'aprile 1956 presso il Politecnico di Torino al 1° Corso di Perfezionamento di Ingegneria Nucleare «G. Agnelli».
- B. R. PRENTICE, Manager of the Nuclear System Design Study Atomic Power Equipment Department - General Electric Co., Conferenze svolte nell'aprile 1956 presso il Politecnico di Torino al 1° Corso di Perfezionamento di Ingegneria Nucleare «G. Agnelli».
- L. ORSONI, Ingegnere Capo della Sezione «Energia Nucleare» della Montecatini e Direttore della SORIN, Lezioni sui Reattori Nucleari tenute al Politecnico di Torino nel 1957 al 2° Corso di Perfezionamento di Ingegneria Nucleare «G. Agnelli».

P R O B L E M I

UNA LETTERA DI BENEDETTO CROCE

MARIO VALENTE pubblica una lettera di Benedetto Croce che chiarisce il suo punto di vista dinanzi alle arti del segno e alla visibilità.

Una sera di primavera del 1944 mi avviai con un fascicolo sotto il braccio verso l'Aventino, diretto alla casa di Benedetto Croce.

Da tempo desideravo conversare con lui delle arti figurative, dell'architettura in particolare, la cui concezione estetica non riuscivo a «chiudere» armonicamente in tutti i suoi aspetti senza l'ausilio della «visività» come giustamente è definita dal Prof. Cavallari-Murat che su queste pagine ne ha trattato con tanto acume e competenza.

Visività dicevo e non «visibilità» escludendo il concetto di «volontà» che non è implicito nel termine *Sichbarkeit* analogamente a temperamento visivo, a valore tattile e non a tangibilità.

Sapevo Benedetto Croce contrario a questa teoria che egli considerava materialistica, ma non me ne davo pace, perchè tutto mi portava ad aderire pienamente all'estetica crociana da un lato, alla «visività» dall'altro; ad aderirvi perchè la sperimentavo praticamente ogni giorno in me stesso per cui Benedetto Croce negandola, era nella posizione di colui che avesse voluto convincermi che i miei occhi non esistevano.

Nel primo colloquio che ebbi con lui non feci che esporgli timidamente l'argomento dei «valori puri», lo studio che gli portavo e sul quale poi mi inviò una lettera per la comprensione della quale è necessario che riferisca, sia pur sommariamente, le mie idee.

Il mio studio era imperniato sulla convinzione che dalla visività si potesse ricavare un complesso di principi che non solo si accordassero con la concezione crociana dell'arte come pura intuizione, espressione di un sentimento universale, ma anzi ne fossero la più evidente conferma.

Malgrado la crudezza della mia prima esperienza dell'architettura, basata sulle difficoltà dei costruttori, mai mi era venuta a mancare la fede nella sua idealità, per la quale ero disposto a spezzare ben più di una lancia. «È l'uomo che mescola la calcina, ma è Dio che fa la costruzione», questo bel proverbio dell'antico Egitto, ci insegna a non ragionare semplicemente in questo ordine di idee, poichè è vastissima la gamma dei valori toccati.

L'intelletto è sempre pronto a giocare il vecchio tranello delle idee semplici e a un tempo concrete: l'architettura è questo... l'architettura è quello... no, no l'architettura non si definisce mai a parole perchè per ciascuno di noi è vita, un valore complesso che cambia con il temperamento, ritraendo in essa noi sempre soltanto noi stessi, il nostro sentimento universalizzato, come aggiungerei alle parole del Savonarola citate dal Cavallari-Murat.

Le vie per le quali si attua questo processo saranno sostanzialmente diverse da

quelle letterarie, ma che conta? infinite sono le vie dello spirito.

Di Fiedler, Lipps, Worringer avevo accettato anzi constatato la verità dell'asserto che il segno artistico ha una propria vita intima, un'espressione implicita al mezzo, (cioè alla linea, al colore, alla sodezza plastica) che è il segreto più fecondo del «magister artis».

«Ogni linea che percepiamo è già fantasia, perchè può valere in sé e per sé e cade il preconconcetto letterario di valutarla in funzione della rappresentazione dell'esistente. La valutazione dei valori visivi va quindi riportata su un piano antecedente, ancestrale rispetto a quello letterario, in quanto lo stato d'animo che viene proiettato è estetico, cioè contemplativo, esso riguarda soltanto il senso dell'assoluto: quindi l'arte è oggettivazione dello stato d'animo contemplativo dell'assoluto.

«L'assoluto da Platone a Schopenhauer si presenta sotto due aspetti, *ab intra* e *ab extra*, io e il mondo; quindi l'arte è un rendere fenomenica la contemplazione dell'assoluto come sintesi di opposti, implicita al mezzo espressivo».

È questo a dire il vero, l'ultimo passo a cui giunge un intelletto raziocinante a fondo sui problemi dell'arte del segno; problemi che come si sa, non amano essere torturati dalla ragione; tuttavia per un architetto, vista la razionalità insita nella sua arte, l'impostazione poteva andare, anche se sorpassava decisamente le ultime conclusioni cui era arrivata «die reine *Sichbarkeit*» con Lipps e Humboldt.

Lipps diceva: «la retta verticale dà l'impressione di movimento, quella orizzontale di calma». Io cercavo di andare oltre, in direzione che oggi giustamente Cavallari-Murat definisce tentativo di spiritualizzazione: la verticale dà l'impressione di movimento perchè si associa al nostro senso soggettivo, esprime direttamente il sentimento di se stesso, mentre il contrario avviene per l'orizzontale cui tende l'ambiente.

È così che la grammatica dell'architettura mi si lievitava di puri valori che desideravo il Croce riconoscesse.

«La concezione dell'arte sopra tratteggiata coinvolge un elegante problema di precedenza: se cioè la sintesi degli opposti, sia precedente o meno alla pura fantasia crociana. Perchè se da un lato non solo il Croce ma tutti gli idealisti hanno sempre affermato che la sintesi degli opposti è la modalità di formazione di ogni realtà, dall'altra la fantasia è stata sempre presentata dal Croce come qualcosa di verginale sulla quale nulla si può affermare perchè tutto sgorga da essa come il ruscello dalla fonte.

«Senonchè appunto per il fatto di rappresentare il primo vagito di ogni sentimento, questa fantasia denuncia la sua immediata derivazione dalla sintesi degli opposti, a meno che si limiti la genesi

per sintesi di opposti ad alcune categorie il che è in contrasto con le premesse generali neohegeliane».

Più tardi chiarii questo punto importante anche col Mazzantini: egli accettò il mio punto di vista purchè naturalmente l'arte sorgesse come la fiammata: dove c'è combustibile, non c'è fiamma (finchè si considerava mentalmente i due aspetti razionali non c'è arte). Ma d'altronde la fiammata non si giustifica razionalmente se non con la precedenza del combustibile e del comburente. Occorre il calore dell'eros platonico per dissolvere ogni raziocinio come cera in pura sensibilità.

Su queste basi di elementare grammatica visiva, spaziale, tattile, naturalmente mi restava facile connestare i motivi di funzionalità, di costruttivismo, per aver un quadro completo dell'architettura, come l'intendevo io.

In particolare, per non sembrare limitato alla visuale della modernità, il tempio dorico mi si presentava sotto una luce particolarmente espressiva⁽¹⁾:

«I Greci, rivolti all'espressione dell'armonia della natura, tendevano alla sintesi delle direzioni spaziali, al cubo elementare. La massa generale del tempio greco ricorda il cubo con un predominio della direzione orizzontale della profondità per assecondare la prospettiva della statua del Dio che sorgeva in fondo al tempio. Il genio artistico greco ricava da questo parallelepipedo, per via di successive formulazione plastiche, tutto un mondo di bellezza inarrivabile.

«Un grandioso dado piatto costituito da tre gradini, il così detto crepidoma, base di tutto l'edificio, si eleva appena da terra colla potenza statica di una forza naturale; ed il senso statico dell'oggettività naturale oltre che dalla prevalenza orizzontale, è accennato da quel numero insistente di tre che nel pensiero filosofico antico è sempre l'espressione dell'unità nella molteplicità. Tre sono i gradini del crepidoma anche quando corrispondono ad un numero di alzate ben maggiore.

«Dal crepidoma si innalza possente una fila di colonne nelle quali vivaci canellature verticali accentuano lo slancio elegante. Nella Magna Grecia la purità tattile dà a quelle colonne una elasticità che le avvicina all'organico, ed esse si rigonfiano nella parte mediana come argilla plastica sotto lo sforzo di sostenere la trabeazione sovrastante; allo stesso modo l'echino della basilica di Pesto si rigonfia come un cuscino compresso.

«In Grecia invece, specialmente nei periodi più tardi quando il raffinato intellettualismo si sostituirà al calore tattile dei primitivi, le colonne sono dominate dalla pura astrazione di superfici caratteristiche della forma visiva.

«Appena rastremate verso l'alto accenneranno all'illusionismo ottico con una rigidità sia nel fusto che nell'echino, la quale si andrà man mano accentuando nella decadenza come se l'equilibrio tra le mani e il cervello si andasse spostando a vantaggio di quest'ultimo. Nel punto in cui la colonna sostiene l'architrave si ha la piena espressione della dolcezza

(1) La parte tra virgolette è ricavata dallo studio presentato al Croce.

La necessità di assicurare il libero passaggio di collegamenti ferroviari al disotto del fabbricato richiedeva l'adozione di una manica di 16.; ne derivava quindi un notevole aggravio dei carichi agenti sull'arco i quali raggiungevano un totale di circa 846 t. escluso il peso proprio.

Nelle figg. 1 e 2 sono rappresentati la pianta del fabbricato e l'andamento schematico dell'arco con indicazione dell'intensità dei carichi su di esso applicati.

Il calcolo elastico dell'arco conduceva ai seguenti dati fondamen-

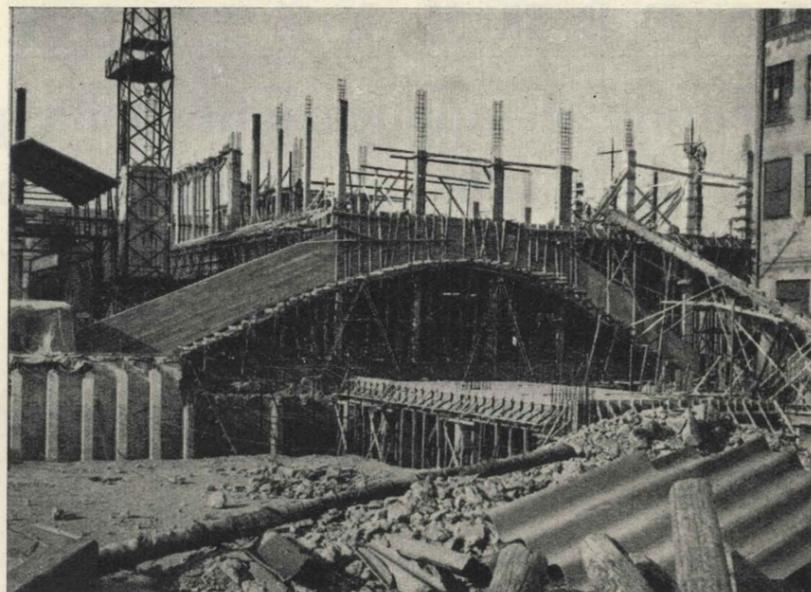


Fig. 3 - Arco e pilastri del primo piano.



tali (la notazione ΔH si riferisce all'effetto dell'accorciamento d'asse).

Spinte calcolate nell'ipotesi di cerniere fisse date dal:

peso proprio dell'arco:

$$H_1 + \Delta H_1 = 72,8 - 1,3 = 71,5 \text{ t.}$$

peso del fabbricato e della catena:

$$H_2 + \Delta H_2 = 341,5 - 6,2 = 335,2 \text{ t.}$$

peso del fabbricato, della catena, e del sovraccarico

$$H_3 - \Delta H_3 = 616 - 11,2 = 604,8 \text{ t.}$$

La spinta totale a pieno carico risulta:

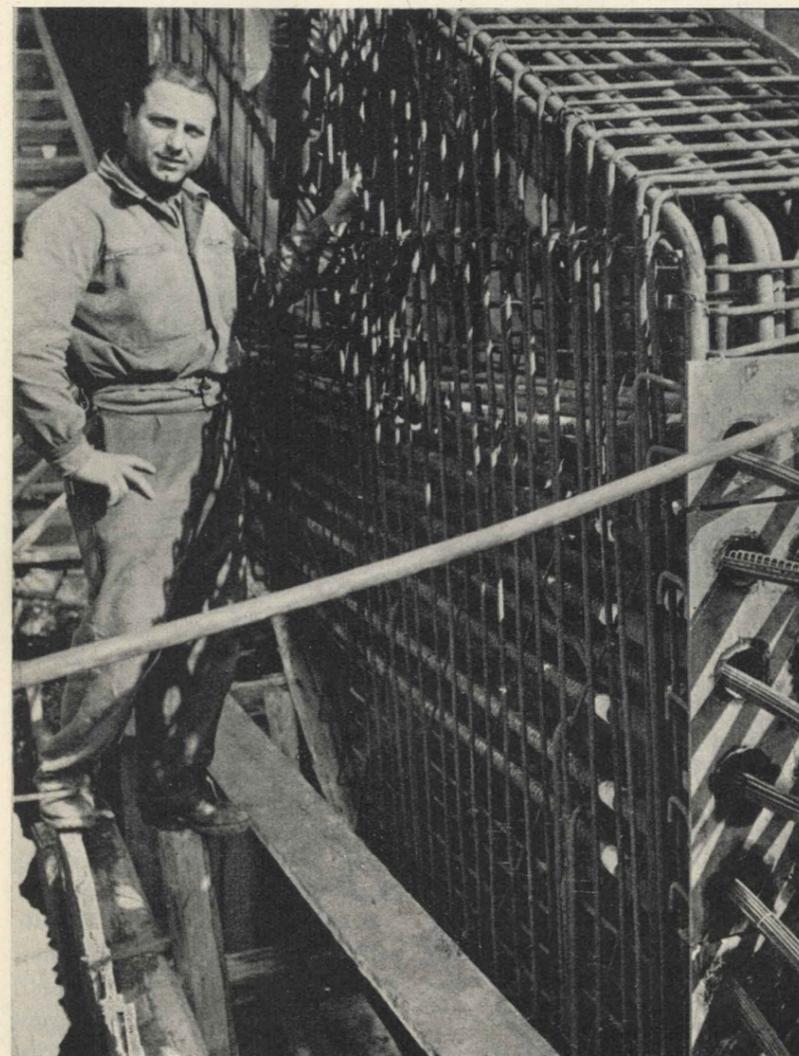
$$71,5 + 604,8 = 676,3 \text{ t.}$$

Effetto di uno spostamento relativo delle imposte di 1 cm. verso l'esterno:

$$H_s = -17 \text{ t.}$$

al quale corrisponderebbe nella sezione dell'arco più sollecitata dal carico esterno un momento flettente positivo di 86 tm. che andrebbe a sommarsi con un momento dello stesso segno di 154 tm.

Fig. 4 - Dettaglio ancoraggio cavi da 16/5.



sposti sulla catena o sui pendini. Sono note però le difficoltà implicite in questi procedimenti: ingombro e costo dei tenditori, difficoltà del controllo degli sforzi, complessità dell'ancoraggio degli elementi metallici costituenti la catena (in questo caso infatti non era prudente realizzare l'ancoraggio per semplice aderenza).

Una soluzione semplice e relativamente economica è stata invece ottenuta mediante l'impiego di una catena precompressa. La catena comportava 24 cavi da 16 \varnothing 5 mm in acciaio duro alloggiati entro guaine in lamierino e ancorati alle estremità con piastre sistema Balducchi. La catena aveva le dimensioni di 60 x 85 cm. Effettuando la messa in tensione per gradi, ridurre al minimo le variazioni di lunghezza della catena. La massima escursione si è avuta nell'ultima fase della costruzione all'atto dell'introduzione nella catena dello sforzo necessario per assorbire i sovraccarichi. Tale sforzo era di 330 t. (ivi compreso l'incremento previsto per la compen-

Fig. 5 - Armatura testata arco-catena.

dato dal carico totale (calcolato a cerniere fisse).

Per assorbire una spinta di poco inferiore alle 700 t., una catena del tipo classico avrebbe dovuto comportare 38 barre \varnothing 40 mm. lavoranti al tasso di 1400 kg/cmq. La messa in carico di un tirante di questo tipo avrebbe determinato un allungamento di circa 24 mm. il quale avrebbe indotto in ogni caso flessioni molto gravose lungo l'arco. Per evitare tali inconvenienti sarebbe pertanto stato indispensabile ricorrere agli artifici che vengono usualmente adottati in casi consimili: messa in tensione graduale mediante tenditori di-

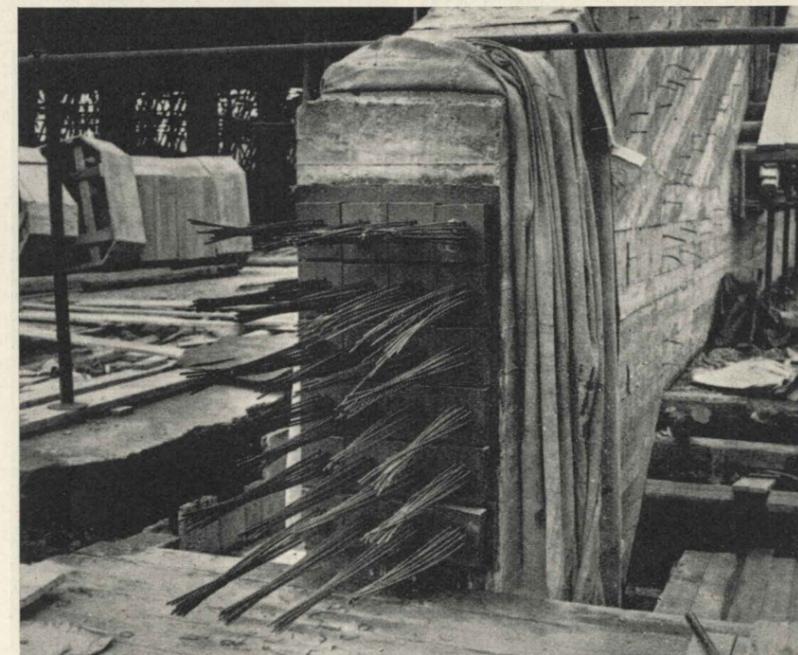


Fig. 6 - Testata catena a tesatura ultimata.

roga. Detta ipotesi non è contemplata dalla Legge del 1950: ed il silenzio del legislatore non può evidentemente essere interpretato se non come un implicito richiamo all'art. 1256.

Ed è sintomatico che stesso codice civile, nel regolare l'istituto della locazione, non abbia una norma che preveda espressamente la distruzione totale della cosa locata (il Codice del 1865 conteneva, invece, una norma *ad hoc*: l'art. 1595); il caso, dunque, va necessariamente ricompreso sotto il principio di cui all'articolo 1256.

È fuori discussione, poi, che la sostanza del problema non possa mutare quando ad un fatto (*interitus rei*) se ne sostituisca un altro (*factum principis*) equivalente sul piano giuridico. Ciò premesso, passando all'esame delle ipotesi 1 e 2 dell'art. 10 L. del 1950 (quelle di cui ai numeri 3 e 4 vanno messe in disparte in quanto postulano situazioni di fatto assolutamente estranee a quella che ha dato origine alla presente causa), è agevole rilevare che soltanto la ipotesi n. 1 sembra voglia disciplinare un caso di impossibilità sopravvenuta.

Ma ogni indagine al riguardo si rende inutile, in quanto tale disposto di legge non aderisce al caso in esame, presupponendo uno stato di fatto diverso, e cioè un edificio gravemente danneggiato; stato di fatto che non costituisce, evidentemente, condizione necessaria per la demolizione di un immobile predisposto da un piano regolatore.

Anzi, se il piano *de quo* prevedesse la ricostruzione di edifici gravemente danneggiati dalla guerra, a maggior ragione dovrebbe escludersi la applicabilità dell'art. 10 n. 1; che i piani di ricostruzione comprendenti immobili danneggiati da eventi bellici sono oggetto di una legge *ad hoc* e successiva alla legge vincolistica (trattasi esattamente della legge 27 ottobre 1951, n. 1402).

Resta da esaminare la ipotesi n. 2.

In *primis*, va osservato che tale disposto di legge non dà vita alla figura giuridica della impossibilità sopravvenuta perchè — a parte ogni altra considerazione — prevede l'obbligo per il locatore di una controprestazione (offerta di altro alloggio idoneo): mentre, caratteristica tipica della « impossibilità » di cui all'articolo 1256 codice civile è la totale liberazione della prestazione.

Ad abundantiam, sarà bene rilevare che la disposizione *de qua* disciplina una situazione del tutto volontaria, ispirata a criteri di esigenze soggettive (quanto il proprietario intenda): qui invece il Comune, non intende, ma « deve » demolire, in esecuzione del Piano regolatore.

Concludendo: la causa va definita avendo esclusivamente riguardo al disposto dell'art. 1256 codice civile.

Va, dunque, dichiarata la risoluzione del contratto di locazione per sopravvenuta impossibilità non imputabile al locatore di continuare la prestazione.

Omissis.

Occupazione abusiva di un fondo, da parte della Pubblica Amministrazione.

Competenza del Magistrato ordinario.

D. — Da parte di un Comune è stata abusivamente occupata una striscia di terreno, fronteggiante un fondo di mia proprietà. Si tratta più precisamente di un tratto di terreno destinato a via privata, nei cui riguardi il Comune ha bensì espressa l'intenzione di addivenire alla comunalizzazione, ma, per intanto, nessuna procedura di espropriazione per pubblica utilità risulta sia stata regolarmente iniziata. Intendendo procedere contro il Comune per l'occupazione del terreno di mia pertinenza, chiedo se l'azione sia di competenza dell'Autorità

Giudiziaria ordinaria, oppure del Consiglio di Stato.

R. — Evidentemente in questo caso non si può parlare di trasformazione del diritto subiettivo del singolo in semplice interesse legittimo, dato che l'occupazione non è giustificata da un interesse generale, facente capo alla espropriazione per pubblica utilità.

Il proprietario del fondo potrà, quindi, proporre l'azione avanti l'autorità giudiziaria ordinaria, sostenendo la violazione del suo diritto di proprietà, dovuta al comportamento abusivo della Pubblica Amministrazione.

La violazione di un regolamento comunale, nei riguardi dell'altezza degli edifici non comporta, per il privato, la riduzione dell'altezza, ma il semplice risarcimento del danno.

D. — Il proprietario del terreno fronteggiante la mia casa ha costruito un edificio, la cui altezza supera la misura massima prevista dai regolamenti municipali in rapporto all'ampiezza della strada, che divide le due proprietà.

Desidero sapere se posso ricorrere al-

l'Autorità Giudiziaria per ottenere la riduzione dell'altezza dell'edificio.

R. — Un regolamento edilizio comunale non integra le norme dei codici sui rapporti di vicinato, e pertanto la sua violazione non comporta la riduzione dell'altezza dell'edificio, ma soltanto il risarcimento del danno.

Il « cittadino » può agire contro la Pubblica Amministrazione per ottenere l'osservanza delle norme regolamentari igienico-edilizie.

D. — Sono proprietario di un piccolo stabile, alla periferia della Città. Nel cortile interno del fondo confinante, il titolare di una industria, che ritengo insalubre ha costruito dei capannoni per l'esercizio della sua attività gravemente lesiva per la salute dei miei inquilini.

Desidero sapere se i conduttori che si ritengono lesi dalle recenti costruzioni possano agire contro la Pubblica Amministrazione, la quale col suo silenzio, dimostra di rifiutare la invocata tutela in sede amministrativa.

R. — Il caso prospettato è assai deli-

cato, ma molto interessante. La posizione soggettiva di colui che si ritenga lesa dall'altrui costruzione, rientra nella sfera degli interessi occasionalmente protetti, e pertanto tutelabile di fronte ai provvedimenti legislativi illegittimi, avendo il Comune il dovere giuridico di intervenire e provvedere nei modi dell'art. 5 del T. U., 3 marzo 1934, n. 383. Il relativo provvedimento negativo, oppure la semplice inattività dovrà considerarsi rifiuto illegittimo, contro il quale il cittadino, lesa nel suo interesse occasionalmente protetto, avrà piena facoltà di ricorrere in via amministrativa.

A proposito delle costruzioni in aderenza.

L'innovazione accolta nel nuovo Codice Civile prevista dall'art. 877, relativa alla possibilità di fabbricare in aderenza di una costruzione del vicino senza chiedere la comunione del muro e pagare l'indennità stabilita dall'art. 874, in ragione della metà del valore del muro, più metà del valore del suolo occupato dal muro stesso, pur avendo trovato ampia applicazione in quest'ultimo periodo di incremento edilizio è, tuttavia, oggetto di vivaci discussioni e polemiche, in dottrina e in giurisprudenza.

È mancata, cioè, da parte del legislatore una precisa indicazione delle condizioni che dovrebbero disciplinare l'esercizio di questa nuova facoltà, che può consentire al costruttore importanti vantaggi, di carattere tecnico ed economico.

Fra le ultime decisioni giurisprudenziali in materia, è meritevole di particolare menzione la sentenza della Corte di

Appello di Milano (23-12-1955) che, nell'indicare i requisiti necessari perchè una costruzione possa essere eseguita presso la fabbrica del vicino, secondo i requisiti voluti dall'art. 877 Cod. civ., afferma che non è consentita come costruzione in aderenza non solo quella che materialmente si appoggia alla fabbrica preesistente sul confine, ma anche quella che, direttamente o indirettamente, si avvalga della costruzione preesistente per sovrapporre a proprie deficienze funzionali.

In altri termini: « Non risponde ai requisiti voluti dall'art. 877 Cod. Civ. un muro perimetrale di una casa di abitazione costruito da mattoni forati dello spessore di appena 4 cm. e mezzo, in quanto tale muro, benchè autonomo dal punto di vista statico perchè sostenuto dall'intelaiatura di cemento armato, è inidoneo a fungere da muro d'ambito dello stabile, sia dal punto di vista della

coibenza termica minima necessaria che da quello della resistenza ad eventuali spinte e sollecitazioni laterali ».

« Qualora una costruzione eseguita presso la fabbrica del vicino senza chiedere la comunione del muro non risponda ai requisiti voluti dall'art. 877 Cod. Civ., il Giudice ne deve ordinare la demolizione » (Giur. It., 4-1957).

Questa importante sentenza mette decisamente in rilievo il principio che il legislatore ha preteso la piena autonomia strutturale della nuova fabbrica per esonerare il costruttore dall'acquisto della metà muro e della relativa striscia di terreno. E non basta: il muro perimetrale del nuovo edificio, secondo la sentenza, deve avere assicurata la sua autonomia funzionale per sufficiente spessore che assicuri la coibenza termica e la resistenza a eventuali spinte o a sollecitazioni laterali.

Ispirata agli stessi concetti ci pare la pregevole sentenza, emanata dalla prima Sezione del Tribunale di Torino, 8 giugno-11 luglio 1956 (Estensore: Dott. Canata), di cui riproduciamo, qui di seguito la parte essenziale della motivazione. Meritevole di richiamare sull'ordinanza Collegiale, che integra la sentenza suddetta, in cui il Tribunale, con apprezzabile chiarezza di motivazione, precisa i concetti tecnici che hanno ispirato l'importante decisione.

Nel formulare, cioè, il mandato al Consulente Tecnico, si sono specificati i seguenti quesiti:

1) Se sussistesse la possibilità di costruire in appoggio alle opere di confine tenuto presente che il nuovo stabile era stato costruito in cemento armato, e che il muro di confine impegnava integralmente lo spazio aereo sovrastante alla sede del preesistente muro di cinta comune.

2) Se fosse possibile l'utilizzazione del predetto muro di confine, come semplice parete di chiusura di un edificio da costruire, in continuità; se, infine, la soluzione precedente comportasse un pregiudizio economico apprezzabile, per riduzione dello spazio utile o sotto qualsiasi altro profilo.

OMISSIS

Va rilevato, a questo punto, che nell'atto di citazione la Soc. C., pur non formulando una specifica minor domanda, ha posto a fondamento della domanda di demolizione anche il fatto che la costruzione del muro di confine sia stata effettuata dalla Soc. V. con l'occupazione dell'intera sede del muro di cinta divisorio e quindi con invasione di suolo e sovrastante colonna d'aria in parte di proprietà di essa attrice; ed ha assunto che la suddetta innovazione è da ritenersi illegittima, perchè si concreta in una usurpazione di beni di sua proprietà, e perchè il muro di confine, per essere stato edificato in cemento armato e su pilastri obliqui, non consente ad essa attrice di costruire, sul suo terreno, un appoggio al muro medesimo.

Nella maggior domanda di demolizione dell'edificio sino al limite di tre metri dalla linea di confine, deve, pertanto, ritenersi compresa la minore istanza che

sia ordinata la demolizione dell'edificio per la parte di esso che sussiste su suolo di proprietà della Soc. C., al di là della linea mediana del vecchio muro di cinta.

Le questioni che insorgono nell'esame della suddetta domanda sono insieme giuridiche e tecniche, occorrendo indagare se ed in quali limiti la Soc. V. avesse facoltà, nella costruzione dell'edificio, di servirsi del preesistente muro di cinta e di occupare la colonna d'aria ad esso sovrastante, e se, in linea di fatto, i limiti suddetti siano stati rispettati o violati.

È da osservare che, essendo pacifica l'esistenza, tra i due immobili di un muro di cinta comune, costruito a cavaliere della linea di confine, le norme che soccorrono sono quelle di cui agli artt. 884 e 885 c. c.

Va, infatti, precisato che ai fini dell'esercizio delle facoltà di innalzamento e di appoggio, non può farsi alcuna distinzione fra muro di cinta e muro di confine divisorio, poichè l'elemento che viene dalla legge considerato è soltanto il regime di comunicazione cui il muro deve trovarsi soggetto, mentre unica particolare norma dettata dal legislatore per il muro di cinta e quella dell'art. 886 C. C. concernente il diritto di ciascuno dei proprietari dei fondi limitrofi di costringere il vicino a contribuire nelle spese di costruzione del muro predetto (sino all'altezza di tre metri), norma dalla quale si ricava il principio che soltanto per il muro di cinta ciascuno dei vicini può pretendere ed imporre che la costruzione sia fatta a cavaliere della linea di confine.

Come già si è detto, nella fattispecie è incontestato che tra i due immobili di proprietà, rispettivamente, delle parti in causa, esistesse già un muro di cinta comune, e pertanto non può dubitarsi che la Soc. V. avesse facoltà di servirsi del muro predetto e di innalzarlo al fine di appoggiare ad esso l'edificio costruendo, o che avesse inoltre facoltà di rinforzare o abbattere e ricostruire il muro medesimo, qualora esso non fosse idoneo a sostenere la sopraelevazione. Le facoltà predette sono, infatti, espressamente attribuite ai comproprietari dagli artt. 884 e 885, 2° comma del C. C.

Il problema che si pone è, quindi, quello di stabilire quali siano i limiti posti dal legislatore all'esercizio di dette facoltà ed esso va risolto, a giudizio del Collegio, con l'applicazione dei principi generali che regolano la comunione, nei casi in essi, come nella fattispecie, non soccorrono le specifiche disposizioni contenute negli artt. 884 e 885 del Cod. Civ.

È da rilevare, infatti, che le norme suddette, laddove danno facoltà al comproprietario di rinforzare, ricostruire ed innalzare il muro comune e di servirsi di esso per appoggiarvi le proprie costruzioni ed immettervi travi (facendo però, salvo il diritto dell'altro partecipante di far accorciare le travi fino alla linea mediana del muro, se di questo, a sua volta, intenda servirsi) non rappresentano che la proiezione e l'applicazione, nella specifica materia, del principio generale che regge la comunione, principio secondo il quale ciascuno dei partecipanti ha facoltà di usare la cosa

comune ed anche di apportare ad essa modificazioni al fine di trarne maggior godimento, purchè non rimanga turbato l'equilibrio dei diritti concorrenti, cioè, venga salvaguardato pienamente il diritto degli altri partecipanti di far identico uso della cosa.

Si è discusso in dottrina intorno all'oggetto e alla natura della comunione in tema di muro divisorio e si è sostenuto da qualcuno che trattasi di una comunione *pro diviso*, nella quale spetti a ciascuno dei partecipanti la proprietà *pro parte* del suolo e del muro, fino alla linea mediana di confine, e da altri che nella comunione non possa ritenersi compreso il suolo sul quale il muro comune insiede, adducendosi a sostegno dell'una e dell'altra tesi il fatto che in caso di distruzione o rimozione del muro, il confine venga *ipso facto* ristabilito sulla linea mediana e nessuno dei comproprietari abbia facoltà di pretendere una diversa divisione del suolo sul quale il muro insiedeva.

A nessuna delle tesi suddette il Collegio ritiene di poter accedere, perchè esso non sono in nessun modo conciliabili con la facoltà di servirsi dell'intero muro e della colonna d'aria ad esso sovrastante attribuita a ciascuno dei comproprietari inequivocabilmente dagli artt. 884 e 885 Cod. Civ.

È da osservare, piuttosto, che trattandosi di una particolare forma di comunione e cioè di comunione di godimento, in seno alla quale non avviene la confusione delle rispettive proprietà, ed è questo a dar ragione del fatto che, venuta meno l'opera in cui la comunione si realizza, e cessato, conseguentemente, il comune godimento, le porzioni di suolo messe in comune rientrano *ipso facto* nella disponibilità piena ed esclusiva dei proprietari rispettivi.

Anche la comunione di godimento è, però, una comunione *pro indiviso*, e in essa ciascun partecipante ha facoltà di usare della cosa comune in ogni sua parte e nell'intero, ferma la necessità di salvaguardare il concorrente diritto degli altri comproprietari. Applicando alla fattispecie i principi sopra enunciati, risulta evidente che la costruzione del muro di confine da parte della Soc. V. non può ritenersi illegittima per il solo fatto che essa impegni l'intera sede del muro di cinta comune e che occorre invece accertare se essa sia stata attuata in modo da non elidere per la Soc. C., la possibilità di servirsi a sua volta del muro medesimo per l'appoggio eventuale di un edificio da costruire sul proprio fondo.

Nella fattispecie, tenuto presente che l'edificio della Soc. V. è stato costruito in cemento armato su pilastri portanti obliqui sino all'altezza del primo piano, pilastri che al suolo hanno il margine esteriore sulla linea di confine e all'altezza del primo piano occupano interamente lo spazio sovrastante al vecchio muro di cinta, il problema è essenzialmente tecnico, occorre cioè accertare se sia da ritenere possibile, nella specie, la costruzione in appoggio, da intendersi quest'ultima sia nel senso strettamente tecnico di edificio gravante con il peso

delle sue strutture sul muro di confine, sia nella più ampia nozione che ne ha dato costantemente la Suprema Corte, di edificio nel quale il muro di confine sia utilizzato come parte di chiusura.

Ed è ovvio che, qualora, nell'una e nell'altra ipotesi, la possibilità della costruzione in appoggio dovesse rimanere esclusa o si ravvisasse attuabile soltanto con apprezzabile pregiudizio della Soc. C., ci si troverebbe di fronte ad una modificazione strutturale del muro di cinta da considerarsi al di fuori della facoltà di rafforzamento e di innalzamento di cui agli artt. 884 e 885 del c. c., al di là dei limiti entro i quali

l'esercizio di detta facoltà è dalla legge consentito.

Ai quesiti suddetti il Collegio non ritiene di poter rispondere senza l'ausilio di una consulenza tecnica e per conseguenza deve, allo stato, limitarsi ad emettere pronuncia parziale e a disporre con separata ordinanza per la prosecuzione del giudizio e l'espletamento della consulenza tecnica, che ravvisa necessaria ai fini della pronuncia sulla domanda di demolizione del muro, per la parte in cui esso occupa lo spazio soprastante al suolo di proprietà dell'attrice, e sulla conseguenziale domanda di risarcimento di danno...

ORDINE DEGLI INGEGNERI DEL PIEMONTE

Verbale dell'Assemblea Ordinaria annuale degli iscritti all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo del 26 marzo 1957.

L'anno 1957, addì 26 del mese di marzo, in Cuneo, Via Roma 21, si è tenuta l'Assemblea ordinaria annuale dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia.

Sono presenti di persona i seguenti Ingegneri: Dogliani Vincenzo, Valmaggia Angelo, Giletta Enrico, Arpino Riccardo, Soldati Gian Carlo, Bonamico G. Battista, Fissore Roberto, Ubezio Amilcare, Margaria Nicolò, Ghisleri Luigi Mario, Fulcheri Giuseppe, Mondini Carlo, Bessone Mario, Lamberti Giovanni, Toselli Lorenzo, Tribaudino Carlo, Vigna Taglianti Riccardo.

In conformità alle prescrizioni di cui all'avviso di convocazione dell'Assemblea addì 12 marzo 1957, prot. n. 45, hanno inviato la scheda per l'elezione del Consiglio Direttivo dell'Ordine per il biennio 1957-58 i seguenti Ingegneri: Toselli Pietro, Buzio Alessandro, Toninelli Cosimo, Bersano Pietro, Robasto Francesco, Prunotto Leonardo, Pansini Gaetano, Gilardi Francesco, Ferrarotti Alfredo, Cavallo Michelangelo, Arrò Domenico, Grandis Valentino, Sales Osvaldo, Marfisi Antonino, Carpani Alberico, Basiglio Stefano, Valdata Luciano, Manfredi Giovanni, Marro Piero, Capra Adriano, Rabino Giovanni, Cappa Mario, Grote Guglielmo, Gullino Emanuele, Voli Giovanni, Boggiano Mario, Bruno Luigi, Signorini Antonio, Froni Andrea, Sibilla Francesco, Monti Luigi.

Alle ore 15 il Presidente dell'Ordine Ing. Dogliani, constatata la validità dell'Assemblea in seconda convocazione, apre la seduta, commemorando il collega deceduto nell'anno 1956: Dott. Ing. Veglio Paolo ed il chiarissimo ed amatissimo Maestro Dott. Ing. Prof. Giuseppe Albenga mancato improvvisamente il 19 gennaio 1957.

Il Segretario Ing. Mondini comunica che durante l'anno 1956 sono stati iscritti n. 2 colleghi e cioè: Ing. Frangapane Carmelo e Ing. Valdata Luciano ed è stato trasferito ad altro Albo l'Ing. Torelli Gian Franco.

Pertanto gli iscritti al 31 dicembre 1956 risultano in numero di 103 (n. 103 iscritti al 31 dicembre 1955 più n. 2 nuovi iscritti meno n. 2 cancellati per decesso o trasferimento).

Sempre alla data 31 dicembre 1956 risultano non in regola coi pagamenti della quota 1951: n. 1 iscritto; della quota 1952: n. 1 iscritto; della quota 1953: n. 1 iscritto; della quota 1954: n. 2 iscritti; della quota 1955: n. 7 iscritti; della quota 1956: n. 16 iscritti e della quota integrazione 1956 n. 1 iscritto.

A tutti gli iscritti morosi è stato recentemente sollecitato il pagamento delle quote arretrate, ma non tutti hanno soddisfatto il loro dovere sociale. Il Segretario propone, quale primo provvedimento disciplinare, di sospendere per i morosi renitenti, l'abbonamento al Bollettino del Consiglio Nazionale ed al Giornale dell'Ingegnere. La proposta viene approvata per acclamazione unanime dall'Assemblea.

Il Tesoriere dell'Ordine Ing. Fulcheri, illustra il conto consuntivo 1956 dal quale risulta:

Totale entrate: L. 207.205; Totale uscite: L. 221.915; Disavanzo 1956: L. 14.710.

Avanzo di Amministrazione esercizio 1955: L. 122.043; disavanzo 1956 Lire 14.710.

Avanzo esercizio 1956 L. 107.333; Residui attivi 1956 L. 45.400.

Avanzo economico 1956 L. 152.733.

Insieme al bilancio consuntivo prodotto, viene anche approvato il bilancio preventivo 1957 con l'entrata prevista di L. 198.400.

L'Assemblea passa quindi alle votazioni per il rinnovo del Consiglio Direttivo per il biennio 1957-58.

Vengono chiamati a fungere da scrutatori gli Ingg. Bessone, Margaria e Tri-

baudino ed a scrutinio ultimato viene proclamato il seguente risultato: votanti di presenza n. 17; votanti con scheda spedita per posta n. 31; totale votanti n. 48; voti validi n. 48.

Eletti: Ing. Dogliani con voti 42; Ingegnere Mondini con voti 43; Ing. Fulcheri con voti 40; Ing. Giletta con voti 38; Ing. Valmaggia con voti 35.

Risulta pertanto riconfermato in carica il dimissionario Consiglio Direttivo, rieletto integralmente per un altro biennio.

Ampia discussione viene successivamente tenuta dall'Assemblea sui vari importanti problemi che interessano la categoria: ordinamento delle professioni di Ingegnere, Architetto e Geometra, da tanto tempo auspicato e tuttora irrisolto; invadenza sempre crescente dei tecnici minori nel campo dell'ingegneria; inosservanza ed inadeguatezza delle leggi che tutelano il titolo e la professione dell'ingegnere; necessità di una sostanziale e pratica riforma dell'insegnamento scolastico intesa a meglio indirizzare e preparare i giovani allievi ingegneri nelle varie branche scientifiche o professionali in cui intendono specializzarsi.

Sull'attività in campo sindacale della Sezione Provinciale del Sindacato Ingegneri Liberi Professionisti, recentemente costituitasi, espongono il Presidente Ingegnere Lamberti ed il Segretario Ingegnere Tribaudino, illustrando l'opera svolta dalla Sezione durante il primo anno della sua costituzione. È stato ancora una volta rilevato che i Liberi Professionisti sono i soli ingegneri che sostengono gli oneri fiscali — sempre più gravosi — delle progettazioni ed incarichi vari professionali e che pertanto debbono essere adeguatamente tutelati nei loro diritti dalle Autorità Provinciali (Prefettura, Genio Civile, Comuni). È stata pure rilevata la tuttora persistente concorrenza di quei geometri nel cui Albo figurano contrassegnati con un asterisco che dovrebbe indicare una loro pretesa abilitazione ad esercitare attività professionali eccedenti i limiti di loro normale competenza. Finora non si è mai potuto ottenere né dalla Prefettura, né dal Ministero della Pubblica Istruzione, una definitiva circolare chiarificatrice di questa strana ed assurda situazione. Si è invece già ottenuto un fattivo interessamento della Prefettura sul problema della sorveglianza delle opere in cemento armato.

Alle ore 17,30, l'Assemblea viene tolta e redatto il presente verbale.

Nella prima riunione del Consiglio Direttivo testè eletto, tenutasi alle ore 18 di oggi 23 marzo 1957, sono state riconfermate le seguenti cariche:

Dott. Ing. Vincenzo Dogliani, *Presidente*; Dott. Ing. Carlo Mondini, *Segretario*; Dott. Ing. Giuseppe Fulcheri, *Tesoriere*; Dott. Ing. Enrico Giletta, *Membro*; Dott. Ing. Angelo Valmaggia, *Membro*.

C O N G R E S S I

LE CONFERENZE O. E. C. E. DI INFORMAZIONE SULL'ENERGIA NUCLEARE PER DIRIGENTI DI INDUSTRIE

Nei mesi scorsi l'O.E.C.E. ha organizzato due Conferenze di Informazione sui problemi dell'energia nucleare alle quali sono stati invitati a partecipare Dirigenti industriali dei vari Paesi che aderiscono all'O.E.C.E.

Alle Conferenze ha preso parte, fra gli altri Delegati italiani, l'Ing. Mario Brunetti, Direttore Generale dell'A.E.M. di Torino e Presidente di questa Società. L'Ing. Guido Bonicelli dell'A.E.M., che pure ha assistito alle riunioni, ha raccolto negli appunti che seguono le notizie di maggiore e più attuale interesse.

L'O.E.C.E. (Organizzazione Europea di Cooperazione Economica) in collaborazione con l'A.E.P. (Agenzia Europea di Produttività) che dell'O.E.C.E. è una emanazione, ha organizzato due « Conferenze di Informazione sull'Energia Nucleare per i Dirigenti di Industrie » che si sono svolte rispettivamente a Parigi dal 1° al 5 aprile scorso e ad Amsterdam dal 24 al 28 giugno scorso.

Scopo delle Conferenze era essenzialmente quello di portare a conoscenza di Dirigenti di ogni Paese, interessati agli attuali e futuri sviluppi dell'energia nucleare, principi fondamentali, orientamenti, problemi e prospettive, ponendo in rilievo gli aspetti generali ed i riflessi nell'attività economica ed industriale in genere, piuttosto che approfondire le questioni di particolare specializzazione.

Nonostante il carattere essenzialmente informativo delle conversazioni facenti parte dei programmi, l'alta qualificazione dei conferenzieri, scelti fra i massimi esponenti dell'attività nel settore nucleare nei Paesi più avanzati e nelle Organizzazioni di collaborazione internazionale, ha fatto sì che ai partecipanti venisse fornito un quadro di notizie di prima mano, aggiornato, ricco di personali apprezzamenti ed atto quindi a fornire una chiara e sintetica visione d'insieme.

I conferenzieri che hanno via via illustrato specifici aspetti dell'argomento comprendevano infatti personalità di primissimo piano come il Prof. Perrin, Alto Commissario per l'Energia Atomica della Francia; il Prof. Kowarski, Direttore del Servizio Scientifico e Tecnico del C.E.R.N. (Commissione Europea di Ricerche Nucleari); M. Ryckmans, Commissario per l'Energia Atomica del Belgio; il Prof. Nicolaidis, Presidente del Comitato di Direzione per l'Energia Nucleare dell'O.E.C.E.; Mr. J. A. Jukes, Consigliere Economico dell'Ente Britannico per l'Energia Atomica; Mr. R. L. Rotherham, Capo del Reparto Ricerche della stessa; il Prof. Salvetti del C.I.S.E.

di Milano; M. Taranger, Direttore Industriale al Commissariato francese per la Energia Atomica; M. Sornin della Direzione Mineraria del medesimo Commissariato; il Dr. Jammet, Capo del Servizio Protezioni contro le radiazioni sempre del Commissariato francese; il Dr. W. B. Lewis, Vice Presidente dell'Atomic Energy of Canada Ltd.; il Dr. L. H. Roddis del Laboratorio Nazionale di Oak Ridge (U.S.A.); il Dr. A. S. Bishop, Rappresentante scientifico a Parigi della Commissione Americana per l'Energia Atomica.

Da quanto esposto dai singoli relatori e dalle informazioni emerse in sede di discussione, sono ricavate le notizie che seguono nelle quali si è cercato di porre in rilievo gli aspetti di più vivo ed attuale interesse con particolare riferimento alla produzione dell'energia, svolgendo sull'illustrazione dei principi scientifici e tecnici, ormai ben noti, sulle notizie di carattere storico e sugli argomenti collaterali.

Aspetti generali del problema.

Un'efficace sintesi dello stato attuale delle conoscenze e delle realizzazioni è emersa dalla comunicazione del Prof. Perrin il quale ha sottolineato come, a distanza di poco meno di vent'anni dalla scoperta fondamentale della fissione dell'uranio con possibilità di reazione a catena, avvenuta nel 1939, ci si trovi oggi nell'ultima fase di messa a punto delle tecniche per utilizzare industrialmente l'energia nucleare.

Egli ha parlato di « fase di messa a punto », giacché solo ora i primi impianti per produzione di energia, con scopo non esclusivamente sperimentale, stanno entrando in funzione e dai risultati iniziali di esercizio sono da attendersi quei successivi indirizzi e perfezionamenti che sono necessari per un economico e sicuro ulteriore sviluppo. Una enorme attività di ricerca, teorica e sperimentale, con impiego di eccezionale numero di uomini e volume di mezzi materiali, è stata svolta nel corso di questo ventennio, ma ancora molti problemi attendono migliore e più approfondita conoscenza.

Il perfezionamento tecnico, e quindi anche economico, dei reattori attualmente in esercizio dipende anche e forse soprattutto da sforzi da compiersi nel campo della metallurgia e della chimica.

Affinamenti delle tecniche metallurgiche dovranno consentire di ridurre il costo di preparazione degli elementi combustibili individuando il tipo più adatto per una permanenza massima degli elementi stessi nell'interno del reattore pri-

ma del trattamento di ripulificazione. Da sviluppi di carattere chimico è da attendersi una messa a punto ed un miglioramento dei processi di riutilizzazione degli elementi di uranio esauriti con separazione del plutonio e degli analoghi procedimenti per quanto concerne il torio, ai quali appaiono legate le più interessanti prospettive di riduzione dei costi dell'energia e di massimo sfruttamento del combustibile nucleare.

Una particolare serie di problemi di evidente grandissima importanza sul piano industriale e sociale è quella connessa con i pericoli di radiazioni nocive all'uomo, sia durante il funzionamento del reattore, sia durante la manipolazione degli elementi combustibili esauriti, inquinamento dell'acqua o dei gas di raffreddamento, i cui effetti possono diffondersi anche a distanza sensibile dall'impianto.

Questi problemi comportano naturalmente particolare difficoltà quando si tratti di impianti destinati alla propulsione, per i quali ovvie esigenze di spazio e di peso pongono limiti alle strutture schermanti. Gli effetti dell'eventuale irraggiamento sulle persone possono sentirsi anche a distanza di anni con conseguenze non ancora completamente chiarite.

Anche la scelta del tipo di reattore di più conveniente e sicuro impiego presenta ancora notevoli incertezze e gran parte del lavoro che si compie in molti Paesi è appunto volto ad individuare fra le diverse possibili vie quelle più promettenti.

Grande rilievo è stato dato, anche recentemente, all'eventuale possibilità di utilizzare per fini industriali le reazioni di fusione fra nuclei leggeri. Queste reazioni hanno già trovato piena applicazione nelle armi, il cui aspetto più recente appare quello della bomba termoneucleare complessa, nella quale, oltre a far avvenire la fusione di deuterio e di tritio (isotopi dell'idrogeno), si ottiene anche la fissione di un involucro esterno di uranio 238 resa possibile dall'elevatissima temperatura sviluppata dalla fissione.

Quest'arma presenta una potenzialità il cui ordine di grandezza è di mille volte quella al plutonio, o uranio 235, del tipo di Hiroshima, la quale, a sua volta, aveva un potere distruttivo anch'esso dell'ordine di mille volte quello della bomba per aereo ad esplosivo ordinario di massima carica.

Ma, al di fuori di questo terrificante aspetto di carattere militare, non si vede ancora chiaramente come la fusione dei nuclei leggeri possa venire utilizzata per scopi pacifici e, secondo le affermazioni del Prof. Perrin, se quindici o vent'anni sono occorsi per giungere a concreti risultati con la fissione dell'uranio, potrebbe occorrere un periodo di tempo ancora superiore per la fusione dell'idrogeno, dal momento che la via da seguire in questo secondo caso appare oggi meno individuata di quanto non fosse all'inizio quella per l'utilizzazione industriale della fissione.

Da rilevare che, mentre le riserve di combustibili tradizionali sono valutate in un ordine di grandezza di qualche seco-

lo con riferimento ai consumi odierni, le riserve complessive di uranio e di torio, per quanto è sino ad ora conosciuto, corrisponderebbero a circa ventimila anni, mentre, ove si potesse contare sulla fusione del deuterio, cioè in pratica sull'idrogeno, componente chimico dell'acqua, la riserva potenziale complessiva risulterebbe dell'ordine di milioni di anni.

Cicli di combustibile e tipi di reattori.

Per un'obiettivo valutazione dei vantaggi e degli svantaggi tecnici ed economici dei diversi tipi di reattori, è soprattutto importante, come ha messo in evidenza il Dr. Roddis, di Oak Ridge, prendere in esame il completo ciclo di trasformazione del combustibile nucleare, partendo dal minerale e considerando le varie operazioni occorrenti per l'estrazione del metallo uranio, ovvero del torio, l'eventuale arricchimento, la preparazione degli elementi da introdurre nel reattore, il grado di possibile utilizzazione del combustibile nucleare nel reattore stesso, il recupero della materia fissile residua e di quella prodotta per reazioni complementari dagli elementi tolti dal reattore, l'eventuale riutilizzazione o collocazione del rimanente materiale.

Solo una visione completa dell'intero ciclo sotto l'aspetto tecnico ed economico consente di effettuare confronti fondati, sempre bene inteso nei limiti di quanto può essere oggi affermato in relazione alle conoscenze teoriche ed all'esperienza pratica conseguita, rammentando che ancora sussistono numerosi punti incogniti o, comunque, di incerta soluzione.

I tipi di reattori oggi più sperimentati e che offrono minori rischi ed incertezze sono quelli detti « termici », ad uranio naturale con moderatore (grafite, ovvero acqua pesante), cioè del tipo adottato per gli impianti di Calder Hall in Inghilterra e di Marcoule in Francia. Tuttavia, questo tipo utilizza un combustibile in cui la concentrazione di sostanza fissile, uranio 235, raggiunge appena il 0,71 %.

Il reattore ha quindi innanzitutto necessità di una rilevante quantità di uranio, perché venga superata la dimensione critica che consente il sostenersi della reazione a catena. Inoltre, dopo un certo periodo di funzionamento, per la diminuita concentrazione di uranio 235 e la sopravvenuta presenza dei prodotti della fissione, alcuni dei quali come lo xenon ed il samario sono energici catturatori di neutroni, la carica di combustibile deve venire sostituita.

È pur vero che durante il funzionamento nuclei di uranio 238 si trasmutano in nuclei di plutonio, il quale viene a compensare, almeno in parte, la graduale scomparsa dell'uranio 235 inizialmente presente; tuttavia, non si può superare il limite al di là del quale la reazione non può più procedere.

Una tonnellata di uranio naturale contiene 7,1 Kg. di uranio 235 ed 1 Kg. di questo isotopo, ove subisse per intero la fissione, svilupperebbe energia termica per circa 22,5 milioni di kWh. Quindi

da una tonnellata di uranio naturale si dovrebbe ricavare circa 160 milioni di kWh, ossia circa 6.500 MW-giorno, se adottiamo l'unità di misura multipla del kWh che ha trovato favorevole applicazione nel campo dell'energia nucleare.

In realtà, per le ragioni sopra esposte, nei normali reattori ad uranio naturale non si riesce a superare una produzione di energia di circa 3.500 MW-giorno per tonnellata di uranio, prima di dover rinnovare la carica di combustibile; non si utilizza cioè che il 0,4 %, ossia la 250ma parte, della quantità di uranio naturale impegnata nella costruzione del reattore.

Appare quindi come il più semplice fra i cicli di combustibile, e cioè quello che consisterebbe nell'estrarre l'uranio naturale dal minerale, farlo reagire fino al limite possibile in un reattore, e mettere poi a rifiuto gli elementi esauriti, rappresenterebbe una ben misera utilizzazione del prezioso metallo.

Un ciclo migliore, sempre con reattori ad uranio naturale, consiste nel trarre partito dall'accennata trasmutazione dell'uranio 238 in plutonio durante il funzionamento del reattore. Questa trasmutazione, tuttavia, nei reattori del tipo considerato, non può avvenire che con un fattore massimo di conversione di 0,80÷0,85, cioè non più di 800÷850 grammi di plutonio prodotto per ogni Kg. di uranio 235 consumato. Occorre poi estrarre il plutonio dagli elementi esauriti ed utilizzarlo per arricchire in tenore di materia fissile altro uranio.

L'operazione richiede appositi impianti di separazione chimica i quali, per un funzionamento sufficientemente economico, devono trattare quantità relativamente grandi di materiale. Notevoli difficoltà sorgono inoltre dal fatto che il plutonio è velenosissimo e deve venire, di conseguenza, manipolato con particolare cautela. Allo stato attuale delle notizie sembra che l'estrazione del plutonio dalle sbarre esaurite avvenga correntemente, ma che il suo impiego per l'arricchimento di nuovi elementi di combustibile da introdurre nei reattori sia ancora in uno stadio del tutto iniziale. Il Roddis accennò infatti, come a notizia di rilievo, ad alcuni elementi di combustibile contenenti plutonio utilizzati a scopo sperimentale nel reattore per prove su materiali dell'Idaho.

Con reattori ad uranio leggermente arricchito, i quali presentano fra l'altro i vantaggi di richiedere minore quantità di combustibile per superare la dimensione critica e di poter utilizzare come moderatore l'acqua naturale, occorre innanzitutto disporre dell'uranio 235 o del plutonio per arricchire l'uranio naturale. Considerato quanto si è detto sopra per il plutonio, si vede che la sola via oggi praticamente seguita è quella di passare per la separazione dell'uranio 235 dall'uranio 238, il che deve necessariamente effettuarsi con metodi fisici, giacché i due isotopi presentano naturalmente identiche proprietà chimiche. Per questa separazione sono possibili vari metodi, tutti assai costosi. Quello oggi applicato dai soli Paesi che dispongono di impianti del genere — Stati Uniti, Gran Bretagna ed Unione Sovietica — è quello della diffusione gassosa, il quale, fra l'altro,

richiede enormi quantità di energia elettrica.

Amnesso comunque di disporre dell'uranio arricchito per la carica iniziale del reattore, si aprono in questo caso tre vie, due delle quali sono analoghe a quelle indicate per il reattore ad uranio naturale. Si può cioè estrarre la massima possibile quantità di energia dal combustibile ed eliminare poi questo dal ciclo, il che non esclude l'estrazione del plutonio per altri usi, e si può invece separare il plutonio dal combustibile esaurito e rimetterlo in ciclo.

Si deve però osservare che, anche nei reattori ad uranio leggermente arricchito, ma pur sempre del tipo detto « termico », cioè a neutroni rallentati per mezzo di opportuno moderatore, il fattore di conversione, cioè la quantità di sostanza fissile prodotta in rapporto a quella consumata, è ancor sempre minore di uno.

È noto per contro che il torio, reagendo con neutroni, si trasmuta in uranio 233, sostanza fissile non esistente in natura, avente caratteristiche analoghe, per i nostri fini, al plutonio ed all'uranio 235. Se questa reazione viene fatta avvenire in un reattore ad uranio leggermente arricchito, si può in questo caso conseguire un fattore di conversione superiore all'unità. Il torio offre quindi la possibilità di realizzare la cosiddetta « autofertilizzazione » o « breeding » anche con reattori termici ad uranio leggermente arricchito. Questi reattori sembra presentino, al momento attuale, minori difficoltà e rischi in confronto ai reattori detti « veloci », funzionanti ad uranio molto arricchito o, all'estremo, con sostanza fissile pura, con i quali soli si può ottenere l'autofertilizzazione senza impiego del torio.

Con quest'ultimo tipo di reattori che funzionano con una piccola quantità di combustibile attivissimo, si hanno ancora tre cicli possibili, e cioè:

a) utilizzazione al massimo della sostanza fissile ed eliminazione del residuo;

b) trattamento del residuo per estrarne ed immettere in ciclo la sostanza fissile ancora contenuta;

c) autofertilizzazione di uranio 238 o di torio disposti attorno al nucleo attivo con successiva estrazione dell'uranio 235 o dell'uranio 233 rispettivamente generati e loro rimessa in ciclo.

In quest'ultimo caso, e salvo la carica iniziale, il ciclo diviene praticamente indipendente dai costosi impianti di separazione isotopica.

Se si considera che l'uranio 238 esiste in natura in misura circa 140 volte superiore a quella dell'uranio 235, e che il torio sembra si trovi sulla crosta terrestre in misura di circa tre volte l'uranio, si vede come le materie fissili suscettibili di « breeding » (uranio 238 e torio) si trovano sulla terra in misura di oltre cinquecento volte superiore a quella della sola materia fissile esistente in natura che è l'uranio 235.

Di qui l'importanza di giungere a rendere praticamente possibile l'adozione di cicli che consentano la trasmutazione di

tutto l'uranio e di tutto il torio in materia fissile. Questo necessariamente richiede la disponibilità, almeno nella fase iniziale, di impianti per la separazione fisica degli isotopi dell'uranio e, in tutte le fasi, di adeguati impianti di separazione chimica per il trattamento dei combustibili dopo l'impiego nei reattori.

Orientamento Americano ed Europeo.

Quanto esposto in precedenza fa vedere l'importanza, in una visione generale del problema, di giungere alla messa a punto del tipo di reattore che consenta di utilizzare tutte le possibilità offerte dai materiali fissili e fertili esistenti in natura, cioè dall'uranio e dal torio. Questo può avvenire, tra l'altro, mediante i reattori veloci, i quali presentano anche minori costi di impianto e minore immobilizzo di combustibile nucleare, ma che, per contro, sono oggi ancora meno sperimentati e, per i numerosi problemi che essi comportano, richiedono ancora grande attività di studio e di ricerca.

Per questa ragione, gli Stati Uniti, che non hanno un problema urgente di approvvigionamento di energia da risolvere, data la relativa abbondanza nel loro territorio di combustibile pregiato a basso costo, hanno volto la loro attenzione a perfezionare i metodi per giungere ad impianti che diano:

a) la possibilità di utilizzare bene tutto il combustibile nucleare esistente in natura;

b) forniscano energia elettrica a costi di concorrenza con gli impianti tradizionali meglio di quanto non possa ottenersi con i reattori ad uranio naturale.

Orientati in questo senso gli Stati Uniti, dopo aver costruito i primi loro reattori ad uranio naturale, si sono subito volti a sperimentare altri tipi che, pur comportando problemi più complessi da risolvere, offrivano prospettive di migliori risultati.

Questo orientamento è stato favorito dal fatto che per scopi militari gli Stati Uniti avevano costruito grandiosi e costosi impianti per la separazione isotopica dell'uranio 235 ed hanno quindi a disposizione notevoli quantità di sostanza fissile pura.

Essi, inoltre, dispongono con larghezza di impianti chimici per tutti quei trattamenti del combustibile nucleare che i vari tipi di reattore possono richiedere.

È evidente che un programma di questo genere, indirizzato su di un fronte così vasto, è sostenibile solo da un Paese come gli Stati Uniti che, per gli sforzi combinati del Governo e dell'industria privata, può mettere a disposizione dell'attività in campo nucleare stanziamenti i quali a fronte dei bilanci dei singoli Stati Europei, appaiono favolosi.

Si deve riconoscere che l'ingente quantità di lavoro compiuta dagli Stati Uniti, anche se, per le ragioni anzidette, non ha sino ad ora portato alla costruzione di grandi centrali per produzione di energia con scopi commerciali, ha tuttavia fatto grandemente avanzare le conoscenze

scientifiche e tecniche, per cui quel Paese è oggi certamente avanti di alcuni anni in confronto alle altre Nazioni.

Anche l'Unione Sovietica, non presa da urgenti problemi di approvvigionamento di energia, sembra seguire una strada analoga a quella degli Stati Uniti: strada che, del resto, è anche determinata dalla stretta connessione dell'aspetto industriale del problema con la necessità di approfondire conoscenze ed esperienze utili ai fini militari.

Ma per tutti i Paesi dell'Europa Occidentale la situazione si presenta molto diversa.

L'Europa si trova di fronte ad un grave ed urgente problema per il presente e futuro approvvigionamento dell'energia necessaria ai suoi sviluppi industriali e civili. Essa è quasi completamente priva di petrolio, mentre la produzione di carbone, anche nei Paesi che ne sono relativamente ricchi, non riesce per varie ragioni a tenere il passo con la richiesta, e le previsioni per il futuro a questo riguardo fanno prevedere la necessità di sempre maggiore ricorso a fonti di approvvigionamento extra europee. Le risorse idroelettriche, utilizzate in larga misura in alcune Nazioni, si avviano verso la completa utilizzazione e, comunque, gli impianti che rimangono da costruire sono ovviamente meno economici di quelli sino ad ora realizzati. L'Europa quindi deve già oggi, e dovrà sempre più in futuro, procedere a massicci acquisti di combustibile all'estero, il che, a parte i rischi che vi sono connessi, comporta un grave sacrificio valutario per i singoli Stati.

Da questa situazione deriva una duplice conseguenza: l'urgenza di trovare nuove fonti di energia ed il fatto che il costo medio attuale dell'energia in numerosi Paesi europei è già sensibilmente superiore a quello che si verifica negli Stati Uniti, per cui in Europa anche impianti nucleari aventi caratteristiche meno brillanti possono dare produzione a costi assai prossimi alla concorrenza con le sorgenti tradizionali.

Inoltre, l'Europa non ha potuto sinora realizzare impianti per la separazione fisica degli isotopi dell'uranio su vasta scala; non ne esiste infatti che uno in Gran Bretagna (Capenhurst).

Infine ha assunto un peso notevole nella determinazione degli orientamenti europei il desiderio di poter disporre di fonti di produzione di plutonio sia per uso militare, sia per eventuale arricchimento del combustibile a scopo industriale, e ciò conservando l'indipendenza da altri Paesi ed in particolare dagli Stati Uniti.

Per tutte queste ragioni i Paesi Europei, e particolarmente quelli che hanno dato maggior impulso all'attività nel settore nucleare, e cioè la Gran Bretagna e la Francia, hanno preferito prendere la strada dei reattori ad uranio naturale che presentano la possibilità di completa indipendenza da altri Paesi, meno ardui problemi costruttivi, notevole volume di esperienza già conseguita, in modo da poter formulare concreti programmi di produzione di energia.

L'Europa, tuttavia, non trascura studi

e sperimentazioni con i tipi di reattori più avanzati, cerca di unire gli sforzi dei singoli Paesi per la realizzazione delle attrezzature necessarie, per cui è da ritenersi che le due vie — dell'America e dell'Europa — finiranno fatalmente per confluire in una sola verso quelle soluzioni che la futura esperienza raccomanderà come più adatte e più economiche per gli scopi industriali.

Il programma degli Stati Uniti.

Nel quadro delle linee generali esposte nel paragrafo precedente, gli Stati Uniti, come del resto, è ben noto, hanno in corso di sviluppo un ampio programma di ricerca, di sperimentazione e di costruzione di impianti, iniziati anni or sono con prevalente attività della « Atomic Energy Commission » (AEC) e che viene ora svolgendosi soprattutto dopo la promulgazione nel 1954 della legge che va sotto il nome « Atomic Energy Act », con larga partecipazione dell'industria privata. Tuttavia l'AEC mantiene il controllo su tutta l'attività e svolge un'energica azione di indirizzo generale, di coordinamento e di stimolo.

Questo programma, esposto da A. S. Bishop, rappresentante scientifico della Commissione per l'Energia Atomica degli Stati Uniti nel Consiglio d'Europa, comprende innanzitutto il coordinamento della ricerca e del trattamento del minerale di uranio: la produzione di ossido di uranio puro ha raggiunto nel 1956 ottomila tonnellate ed il ritmo di produzione si è pressoché raddoppiato nel corso del medesimo anno. Attrezzature grandiose sono state dedicate alla preparazione degli isotopi ed alla produzione di plutonio.

Nel campo della costruzione di reattori l'attenzione viene soprattutto rivolta ai tipi seguenti:

— reattori ad acqua sotto pressione: il reattore che fornisce energia per la propulsione del sommergibile Nautilus, in navigazione da oltre due anni, ha servito come impianto pilota, mentre è quasi ultimata la costruzione della centrale di Shippingport, presso Pittsburg, di 60 mila kW elettrici. Questo tipo di reattore comporta l'impiego di uranio leggermente arricchito e di acqua naturale come refrigerante e come moderatore. All'esterno del reattore l'acqua ad alta temperatura e sotto pressione produce, in apposito scambiatore di calore, il vapore che alimenta l'impianto generatore di energia. Dalla centrale di Shippingport si attendono pratici risultati sulla possibilità e convenienza delle soluzioni adottate. Un altro impianto con 130.000 kW elettrici verrà costruito nel Massachusetts (Yankee). Altri verranno realizzati per l'estero (Italia, Belgio);

— reattore ad acqua bollente nel quale, sempre con uranio leggermente arricchito, l'acqua che funge da moderatore e refrigeratore, passa allo stato di vapore nel cuore del reattore. Si sono effettuati esperimenti con varie soluzioni possibili; attualmente è in avanzata costruzione nel Laboratorio Nazionale di Argonne, un impianto di 5000 kW elettrici, mentre è in progetto il grande impianto di Dresden;

— reattore a sodio e grafite, visto da molti tecnici con vivo interesse per la possibilità di raggiungere temperature relativamente elevate con conseguente miglioramento nel rendimento del macchinario termoelettrico. Un prototipo è stato ultimato recentemente in California, mentre è allo studio un impianto di 75.000 kW elettrici da costruirsi nel Nebraska;

— reattore veloce auto-fertilizzante: un primo reattore sperimentale di questo tipo ultimato nel 1952 subì un grave incidente nel 1955 ed un secondo è ora in costruzione con potenza di 15.000 kW elettrici. Un impianto in scala industriale è progettato a Detroit, ma il passaggio alla fase esecutiva incontra qualche perplessità ed anche talune opposizioni sotto l'aspetto della sicurezza per le zone vicine;

— reattore omogeneo nel quale circola una soluzione di un sale di uranio arricchito. Un primo reattore sperimentale di questo tipo è stato smantellato nel 1954 dopo avere funzionato favorevolmente per due anni. Il suo successore è attualmente in avanzata costruzione ad Oak Ridge, mentre altri esperimenti con sistemi diversi sono in corso a Los Alamos;

— reattore a moderatore organico: questo tipo si propone di utilizzare le caratteristiche di taluni materiali organici che non presentano, come l'acqua, problemi di corrosione, hanno bassa pressione di vapore e buone caratteristiche tecniche. Si cerca tuttavia di assicurarsi che, per effetto delle radiazioni, non intervengano fenomeni di decomposizione della sostanza organica. Un reattore sperimentale è in costruzione nell'Idaho;

— reattore a combustibile metallico liquido: si basa sull'impiego di una soluzione di uranio e bismuto. Esso ha caratteristiche analoghe a quelle del reattore omogeneo. Un reattore sperimentale è previsto a Brookhaven. Si ritiene che si possano raggiungere elevate temperature con pressione moderata, ma si temono fenomeni di corrosione dovuti al bismuto;

— reattore con plutonio: comporta l'impiego di uranio naturale arricchito con plutonio e dovrebbe consentire lo studio della possibilità pratica di rimettere in ciclo il plutonio ricavato dalle sbarre di uranio dopo irradiazione;

— reattore raffreddato a gas: questo tipo ha attratto l'attenzione soprattutto in relazione al programma di costruzione che viene sviluppato in Gran Bretagna ed ai primi risultati soddisfacenti ottenuti.

Per ciascuno di questi tipi, oggetto del programma di coordinamento americano, sono in corso di realizzazione od in progetto unità sperimentali di limitata potenza, da attuarsi principalmente nei laboratori nazionali sotto l'egida dell'AEC. Nel contempo, l'industria privata è stata invitata a collaborare con la Commissione per costruire un certo numero di centrali prototipo su scala industriale utilizzando i vari tipi sopra enumerati.

La Commissione contribuisce nella misura necessaria al finanziamento di questi lavori. Fra i progetti presentati in questo senso dalle industrie e dalle società elettriche, sette sono già stati approvati ed i lavori di costruzione avviati.

Inoltre, al di fuori di questo programma, una decina di altri progetti sono stati autorizzati per la realizzazione con finanziamento interamente privato.

Pochi mesi fa è stato rivolto un nuovo invito all'industria privata perchè essa partecipi ad un'ulteriore fase di programma sperimentale e si ritiene che numerosi nuovi tipi di reattore saranno proposti e potranno venire messi in costruzione entro breve tempo.

Frattanto le Case costruttrici rivolgono grande interesse alla possibilità di collocare i reattori da loro studiati in via sperimentale nei Paesi nei quali la situazione di approvvigionamento di energia sia sin d'ora tale da rendere economicamente conveniente la costruzione di impianti nucleari di potenza ed il Governo, al fine di appoggiare questo sforzo, mette a disposizione notevoli quantità di uranio arricchito, acqua pesante ed altri materiali essenziali per la costruzione degli impianti.

Programma della Gran Bretagna.

Questo programma è stato improntato, sin dall'inizio, alla necessità di pervenire al più presto alla produzione di sensibili quantitativi di energia per contribuire efficacemente a fronteggiare l'incalzante aumento della richiesta.

La Gran Bretagna ha infatti, come esposto da J. C. C. Stewart dell'United Kingdom Atomic Energy Authority, una produzione attuale di carbone di 220 milioni di tonnellate annue e, nonostante i notevoli investimenti previsti per migliorare l'attrezzatura dei distretti minerari, non si ritiene che per il 1965 la produzione possa superare i 240 milioni di tonnellate. Si prevede, di conseguenza, per quell'epoca, un deficit dell'ordine di 60 milioni di tonnellate di carbone e questo deficit continuerà ad aumentare negli anni seguenti.

È ben noto il documento del Governo Britannico, pubblicato nel febbraio 1955, il quale fissava come obiettivo, al termine di un decennio, un gruppo di impianti nucleari con potenza elettrica complessiva da 1.500 a 2.000 MW.

L'entrata in esercizio della prima centrale (Calder Hall) nell'ottobre scorso e l'esperienza che se ne è tratta durante la costruzione ed i primi mesi di funzionamento, hanno confermato il favore con cui era stato visto inizialmente il reattore ad uranio naturale raffreddato con gas. Si ritiene oggi che i futuri reattori di tipo analogo potranno essere eserciti a regime più spinto in modo da fornire almeno il 50% in più di potenza elettrica a parità di dimensioni.

Oggi sono già iniziati i lavori per altre due centrali a Readwell e Berkeley, le quali avranno una potenza elettrica di circa 300 MW ciascuna ed un costo per kW installato notevolmente inferiore a quello di Calder Hall. È imminente l'ini-

zio dei lavori per una terza centrale nella Scozia Meridionale. Questi tre impianti vengono realizzati non più dalla Atomic Energy Authority, ma dalle Organizzazioni responsabili della produzione di energia elettrica, e cioè la Central Electricity Authority per le due centrali in Inghilterra e la South of Scotland Electricity Board per l'impianto in Scozia.

Allo stato attuale delle cose si prevede che l'obiettivo fissato nel libro bianco del febbraio 1955 possa venire più che raddoppiato portando a 5+6.000 MW elettrici il complesso di impianti nucleari in esercizio nel 1965 con un'economia di circa 18 milioni di tonnellate di carbone e con una spesa complessiva dell'ordine di 900 milioni di sterline, pari a circa 1.500 miliardi di lire.

La maggior parte delle centrali che verranno installate fino al 1965 utilizzerà reattori del tipo Calder Hall con tutti i perfezionamenti che sarà stato fruttante possibile realizzare.

Ma altri sistemi sono attualmente allo studio, con lo scopo di ridurre il costo capitale del reattore e migliorare l'utilizzazione del combustibile.

Per quanto concerne i tipi di reattori, lo Stewart ha messo in particolare rilievo come i reattori termici del tipo Calder Hall producono una quantità di plutonio inferiore a quella di uranio 235 consumato e come la qualità del plutonio prodotto si deteriora con passaggi successivi nel ciclo di combustione per effetto del graduale accumulo nel plutonio stesso di isotopi non fissionabili. Pertanto, pur essendo concettualmente possibile recuperare il plutonio, riutilizzarlo nel reattore ed eseguire più volte successivamente quest'operazione, è da ritenersi che un'utilizzazione complessiva del 3% sia già un risultato soddisfacente.

Il plutonio di bassa qualità prodotto nei reattori termici potrebbe poi venire convenientemente utilizzato in reattori veloci, nei quali si potrebbe procedere altresì alla valorizzazione dell'uranio 238 impoverito.

Un primo reattore veloce è in costruzione a Dounreay nella Scozia del Nord e si prevede possa entrare in servizio nel 1958. Per ora il necessario arricchimento del combustibile è ottenuto mediante uranio 235, ma i successivi esperimenti si orienteranno verso l'impiego di plutonio. Si ritiene con questo reattore di poter utilizzare almeno il 30% del combustibile.

Due altri tipi hanno attirato l'attenzione dei tecnici inglesi e sono quello a sodio-grafite e quello ad acqua sotto pressione che essi ritengono potrebbero convenientemente inserirsi nel tempo, fra il reattore ad uranio naturale, oggi bene a punto, ed il reattore autofertilizzante che rappresenta una prospettiva ancora lontana. In entrambi i sistemi si utilizza un combustibile moderatamente arricchito. Si studia anche la possibilità di inserire nel reattore a sodio-grafite il ciclo di fertilizzazione del torio.

Altri tipi di reattore a combustibile liquido, come quello acquoso omogeneo e quello a combustibile metallico liquido sono per ora allo stadio di ricerca.

Programma della Francia.

Nell'esposizione di M. Guéron del Commissariat à l'Energie Atomique, il programma francese, realizzato e da compiersi, è stato suddiviso in tre periodi quinquennali.

Il primo, dal 1946 al 1952, dedicato a ricerche scientifiche iniziali ed esplorazioni minerarie coronate da favorevoli risultati nel territorio nazionale, nonché alla costruzione e messa in funzione di due reattori sperimentali.

Al termine di questo primo periodo pionieristico il Parlamento francese ha approvato il 24 luglio 1952 un vero e proprio programma quinquennale che ha indirizzato tutta l'attività svolta successivamente.

Il secondo quinquennio ha visto, oltre ad una notevole attività di ricerche scientifiche e tecniche condotta, specialmente nel grande Centro di Saclay fruttante costituito, la creazione di un centro industriale — quello di Marcoule, presso Avignone, nel quale è già in funzione, sin dai primi giorni del 1956, un primo reattore ad uranio naturale e grafite di 40.000 kW termici, mentre è in avanzata costruzione un secondo reattore analogo al primo, ma con 150.000 kW termici.

Il primo reattore di Marcoule (G1) è raffreddato ad aria messa in circolazione per mezzo di tre grandi soffianti, le quali purtroppo assorbono tutta la potenza elettrica generata dal reattore. Ma il reattore G2 è associato ad una centrale termoelettrica che può fornire 30.000 kW alla rete dell'Electricité de France.

Pur non facendo mistero del fatto che lo scopo primo è quello di produrre plutonio, i francesi annettono giustamente grande importanza alle esperienze di carattere industriale effettuate ed in corso a Marcoule, ove, sebbene le caratteristiche fondamentali dei reattori siano analoghe a quelle dei reattori inglesi, lo studio è del tutto originale e comporta particolari costruttivi completamente nuovi. Si citano a questo riguardo l'involucro protettivo stagno in cemento armato precompresso ed il sistema di collocamento e rimozione del combustibile con reattore in funzione.

La terza fase del programma, da tempo progettata, si inizia quest'anno. Essa comporta il completamento del centro di Marcoule con un ulteriore reattore (G3) e vedrà sorgere la prima centrale elettrica nucleare dell'Electricité de France, a Chinon sulla Loire.

Si prevede per il 1965 di poter contare su una potenza elettrica di impianti nucleari dell'ordine di almeno 850 MW, capaci di fornire il 5% circa del fabbisogno complessivo di energia elettrica a tale epoca.

L'attività di carattere scientifico e didattico è indispensabile presupposto per lo sviluppo di un concreto programma e questa attività trova largo posto in tutti i Paesi che all'energia nucleare hanno dedicato e dedicano interesse e mezzi.

Merita per noi di essere posto in particolare rilievo lo sforzo compiuto in questo senso dalla Francia, ove il centro di studi nucleari di Saclay, oggetto di una visita al termine della Conferenza d'Informazione di Parigi, costituisce un

esempio invidiabile per l'attrezzatura di cui è dotato e l'attività che vi ferve.

Il centro di Saclay ha fatto seguito a quello di Chatillon presso Parigi ove si svilupparono durante e subito dopo la guerra le prime ricerche e venne messo in funzione il primo reattore francese che fu anche il primo dell'Europa continentale.

Anche Saclay si trova a non grande distanza da Parigi. I lavori di costruzione ebbero inizio nel 1949 su un terreno di 170 ettari.

Oggi vi lavorano circa duemila persone. Il centro è dotato presentemente di un reattore ad uranio naturale ed acqua pesante che viene fatto funzionare a livelli di potenza fra 1500 e 2400 kW termici e che può dare un elevato flusso di neutroni. Il reattore è raffreddato con gas; dapprima azoto, oggi anidride carbonica. Sono inoltre in funzione a Saclay un ciclotrone di 25 MeV, un acceleratore elettrostatico Van de Graaff di 5 milioni di Volt e un altro acceleratore Van de Graaff di 2 milioni di Volt utilizzato come generatore di neutroni ad impulsi.

È in corso l'installazione di un reattore sperimentale a bassa potenza, di un reattore ad acqua pesante con elevatissimo flusso di neutroni e di un grande sincrotrone che consentirà di accelerare protoni con energia di due miliardi di elettronvolt.

L'organizzazione interna del centro è articolata su un reparto di studio dei reattori, un reparto di metallurgia e chimica applicata ed un reparto di fisico-chimica.

Il reparto di studio dei reattori si occupa, fra l'altro, dei problemi scientifici generali, delle teorie di calcolo, ricerca e sperimentazione inerenti alla tecnica dei reattori, cura l'esercizio dei reattori già in funzione a Saclay ed a Chatillon e prepara la costruzione dei nuovi.

Agli altri due reparti sono principalmente affidati problemi relativi ai materiali occorrenti nella costruzione dei reattori e, fra l'altro, essi si occupano delle applicazioni, sempre più numerose, degli isotopi radioattivi nei vari settori industriali, della protezione contro le radiazioni, dei problemi biologici in genere.

Il centro svolge infine un'intensa attività didattica in collegamento con il Ministero dell'Educazione Nazionale e le maggiori Università francesi. Vi si tengono corsi di fisica nucleare teorica e sperimentale, un insegnamento biennale di radio-biologia, un corso annuale di ingegneria nucleare. Ai vari corsi o periodi di tirocinio hanno partecipato lo scorso anno oltre 600 allievi.

Nell'autunno 1955 è stata decisa la costituzione di un nuovo centro di studi nucleari a Grenoble con lo scopo di evitare una eccessiva centralizzazione e di avvalersi della collaborazione dell'Università e dell'Istituto Elettrotecnico di Grenoble, che svolgono attività scientifica e didattica di importanza nazionale. Il nuovo centro opererà in una zona di grande sviluppo industriale e curerà, fra l'altro, i problemi applicativi d'intesa con le maggiori industrie locali.

Altri Paesi europei.

Sebbene i programmi di maggior rilievo in Europa occidentale siano quelli della Gran Bretagna e della Francia, tuttavia quasi tutti gli altri Paesi, prima o poi, hanno dedicato attività scientifica e tecnica ed anche industriale nel nuovo settore dell'energia nucleare. Il prof. Nicolaidis dell'O.E.C.E. ricorda, fra l'altro, l'attività della SVEZIA, la quale abbastanza largamente dotata di risorse idroelettriche ancora da utilizzare, ha rivolto i suoi studi alle applicazioni dirette del calore ottenibile nei reattori; riscaldamento di abitati, produzione di vapore per l'industria, ecc. Questo Paese è dotato di giacimenti di uranio con basso tenore, ma assai estesi. È in funzione un impianto pilota per l'estrazione dell'uranio dal minerale ed uno stabilimento metallurgico, pure a titolo sperimentale, per la produzione di biossido di uranio agglomerato.

Un reattore sperimentale di 600 kW ad uranio naturale ed acqua pesante è in funzione da tre anni a Stoccolma e numerosi impianti sono progettati per produzione di vapore e riscaldamento.

Buona parte di questa attività è svolta da una Società per l'Energia Atomica fondata nel 1947 nella quale lo Stato partecipa per 4/7 e l'industria privata per 3/7.

La NORVEGIA è innanzitutto nota come produttrice di acqua pesante; essa ne è in realtà la sola importante produttrice fra le Nazioni dell'Europa Occidentale. Un reattore sperimentale è in funzione da dieci anni nel centro sperimentale di Kjeller presso Oslo, realizzato in comune con l'Olanda. Attualmente un reattore del tipo ad acqua bollente è in costruzione ad Halden.

La GERMANIA OCCIDENTALE possiede interessanti giacimenti di uranio ed ha un notevole programma per la costruzione di reattori sperimentali, comprendente ben quattordici unità. Di queste, quattro sono in costruzione negli Stati Uniti, tutte ad uranio arricchito. Due altre sono state ordinate alla Gran Bretagna. Un reattore ad uranio naturale ed acqua pesante, viene contemporaneamente costruito da industrie germaniche a Karlsruhe. Gli altri sette sono attualmente allo studio: cinque di questi saranno destinati a produzione di energia con potenza dell'ordine di 25+50 MW. Si tratta di un programma vasto, ma tuttavia ancora essenzialmente sperimentale; i risultati daranno la possibilità di assumere orientamenti più definiti per applicazioni di carattere industriale.

L'OLANDA, oltre al lavoro svolto in collaborazione con la Norvegia a Kjeller, ha un programma notevole di reattori sperimentali e di ricerca scientifica e metterà in funzione, entro breve tempo, un reattore omogeneo, tipo che da anni ha attirato l'attenzione degli studiosi olandesi.

Il BELGIO ha occupato un posto di rilievo sin dai primi sviluppi dell'energia nucleare a causa degli importanti giacimenti minerari del Congo, i quali hanno avuto un ruolo fondamentale per

le prime realizzazioni compiute in Gran Bretagna e negli Stati Uniti. Il centro di ricerca di Mol ha in funzione un reattore ad uranio naturale e grafite e si prevede la costruzione di altri reattori per prove di materiali ed anche per produzione di energia elettrica.

La SVIZZERA ha concentrato i suoi sforzi su reattori di ricerca e sul lavoro scientifico. Due reattori sperimentali dovranno entrare tra breve in funzione presso la Société Réacteurs a Wurrenlingen.

Il PORTOGALLO possiede notevoli giacimenti uraniferi tanto nel territorio metropolitano, quanto nei possedimenti africani: Angola e Mozambico. È in progetto la costruzione di uno stabilimento pilota per la produzione di 15 tonnellate annue di uranio.

Per quanto concerne l'ITALIA, viene ricordata l'attività scientifica degli Istituti di Fisica di Torino, Milano, Roma e Padova, gli sviluppi del C.I.S.E., i centri in costruzione ad Ispra con il reattore sperimentale ed a Frascati con il sincrotrone da 1000 MeV. Si espongono altresì i programmi delle Società SELNI, SENN, SORIN e dell'Agip-Nucleare per la realizzazione di impianti nucleotermoelettrici nell'Italia Settentrionale e centro-meridionale.

Considerazioni economiche.

È ben noto che il costo dell'energia prodotta in impianti nucleari presenta due caratteristiche essenziali: elevata spesa di impianto e possibilità di rendere assai limitata la quota afferente al consumo di combustibile; si ha pertanto una situazione inversa a quella offerta dalle moderne centrali termoelettriche di grande potenza per le quali i costi fissi intervengono in misura di un terzo circa nel costo complessivo dell'energia prodotta.

Tuttavia si ha grande fiducia che i costi di impianto possano diminuire in misura notevole con i progressi che certamente si conseguiranno in avvenire.

Gli impianti attualmente in funzione hanno dato luogo a costi rilevanti per la necessità di risolvere problemi costruttivi completamente nuovi e per le cautele, in qualche caso forse sovrabbondanti, consigliate dalla non completa conoscenza dei pericoli connessi con il funzionamento dei reattori. Inoltre, come si è già accennato, l'utilizzazione percentuale della quantità di uranio che entra a far parte della spesa di primo impianto, è per ora, come in precedenza illustrato, assai limitata. Infine, i reattori funzionano oggi a temperature relativamente basse, per cui il costo di installazione delle unità termoelettriche che utilizzano il calore generato nel reattore, risulta alquanto elevato.

Tutti gli accennati fattori dell'elevato costo di costruzione sono destinati a sensibili progressi con prospettive di considerevoli riduzioni.

Per gli impianti inglesi di 300 MW ciascuno, attualmente in costruzione, J.A. Jukes cita costi preventivati nell'ordine di 130 sterline per kW installato, cioè

circa 220.000 lire per kW, con la seguente ripartizione di massima:

— opere di ingegneria civile pertinenti al reattore	7 %
— reattore ed apparecchiature accessorie, inclusa la grafite	25 %
— scambiatori di calore, soffianti, ecc.	26 %
— centrale termoelettrica:	22 %
— torri di refrigerazione, fabbricati, uffici, servizi vari	11 %
— imprevisti e varie (10 % delle voci precedenti)	9 %
— Totale	100 %

Queste cifre non includono il costo della carica iniziale di combustibile, nel caso particolare uranio naturale, per la quale si prevede una spesa dell'ordine di 30 sterline, cioè circa 50.000 lire, per kW. Si ha quindi, in totale, una spesa dell'ordine di 270.000 lire per kW, pari a circa tre volte il costo di un impianto termoelettrico del tipo tradizionale. Il Jukes ritiene che, con i progressi conseguibili in un periodo di circa 20 anni, le 130 sterline per kW potranno ridursi sull'ordine di 85 sterline.

Sulla base dei costi di impianto sopra specificati e relativi alle centrali britanniche in corso di costruzione, nell'ipotesi di fattore di carico del 75 %, pari a funzionamento di circa 6.500 ore annue, e tenuto conto delle condizioni finanziarie e generali esistenti in Inghilterra, il costo netto dell'energia prodotta in queste centrali è previsto dell'ordine di 0,66 denari per kWh pari a circa 5 lire italiane. Il costo stesso risulterebbe ripartito come segue:

— interesse del 5 % ed ammortamento sulla base di 20 anni	0,37
— interesse del 5 % sull'uranio impegnato nel reattore	0,06
— consumo di uranio (sulla base di 20.000 sterline/tonn.)	0,24
— esercizio	0,06
— Provento per la cessione del plutonio	0,07
— Costo netto per kWh	0,66

Il Jukes ha anche tentato un'estrapolazione di questo computo per le condizioni esistenti in media nei Paesi dell'Europa Continentale, giungendo senza tener conto della cessione del plutonio, ad un costo dell'ordine di 0,9 denari per kWh, cioè circa 6÷7 lire.

Va tenuto presente che queste cifre si riferiscono ad utilizzazioni assai elevate dell'impianto, cioè per produzione praticamente di pura base. Si vede tuttavia che i costi calcolati dagli inglesi sono ancora un poco più elevati, ma comunque prossimi a quelli medi dell'energia termoelettrica in Gran Bretagna, mentre sono già dello stesso ordine di grandezza, se non inferiori, a quelli dell'energia di nuova produzione in Paesi che debbono ricorrere all'estero per i loro approvvigionamenti di combustibile.

M. Taranger, che ha illustrato le caratteristiche della Centrale di Marcoule, ha

citato un costo di costruzione per ciascuno dei due reattori G2 e G3 e della centrale termoelettrica associata dell'ordine di 12 miliardi di franchi ed un costo delle sbarre di uranio con il necessario involucro pronto per il collocamento nel reattore, dell'ordine di 20.000 franchi per chilogrammo.

Su queste basi e nelle ipotesi di 7.000 ore annue di funzionamento, di un tasso d'interesse dell'ordine del 4÷5 % e di un'utilizzazione del combustibile dell'ordine di 2÷3 mila MW-giorno per tonnellata, egli giunge ad un costo del kWh prodotto compreso fra 6 e 8 franchi, e ciò senza considerare l'eventuale introito per la cessione del plutonio. Questi costi appaiono notevolmente superiori a quelli citati per gli impianti inglesi, ma si deve considerare che essi si riferiscono ad un impianto avente carattere essenzialmente sperimentale e potenza relativamente limitata, mentre le cifre inglesi sono date per impianti in stadio industriale e con notevole concentrazione di potenza.

Appare tuttavia dalle cifre indicate a titolo di esempio — cifre che trovano di massima riscontro in quelle citate per gli impianti americani — come le prospettive siano già sin d'ora assai interessanti, soprattutto per quei Paesi ove il costo attuale dell'energia proveniente da altre fonti è, per varie ragioni, relativamente elevato.

Reattori ad acqua pesante.

A proposito dei cicli di combustibile nucleare e dei tipi di reattori, le conferenze sull'attività e sui programmi degli Stati Uniti, Gran Bretagna e Francia, hanno sottolineato il divario fra le vie intraprese in America ed in Europa, soprattutto per quanto concerne l'impiego di cicli ad uranio arricchito per l'America e ad uranio naturale per l'Europa.

Particolarmente documentata l'analisi compiuta dal Dr. W. B. Lewis del Canada per confrontare vantaggi e svantaggi delle diverse possibili soluzioni. Il Lewis non è d'accordo con le precise dichiarazioni fatte al riguardo da autorevoli esponenti degli Stati Uniti sulla netta superiorità dell'uranio arricchito in confronto all'uranio naturale. Sotto l'aspetto tecnico, egli ritiene che interessanti prospettive si aprano per i reattori ad uranio naturale con la possibile adozione dell'ossido di uranio largamente messo alla prova nel reattore sperimentale canadese.

Sebbene non si possa ancora dire che si sia trovata la tecnica migliore per la preparazione degli elementi di ossido di uranio su grande scala ed a basso costo, tuttavia si è potuto dimostrare che l'ossido di uranio è un combustibile assai soddisfacente, sia perché consente notevole irradiazione, anche oltre 5.000 MW-giorno per tonnellata, sia perché le conseguenze di un eventuale contatto accidentale del combustibile con acqua impiegata come moderatore, anche se a temperatura elevata, risultano d'importanza non determinante.

Sotto l'aspetto economico, viene presentato un confronto fra costi di impianto e di esercizio per quattro tipi di reattori:

due ad uranio arricchito, cioè il reattore ad acqua in pressione di tipo analogo a quello di Shippingport, ma di maggiore potenza, come progettato per la centrale Yankee presso Boston, e quello ad acqua bollente, previsto per la centrale Dresden presso Chicago; due ad uranio naturale, e cioè quello per la Centrale inglese Hunterston con moderatore grafite e quello studiato in Canada con moderatore acqua pesante. L'analisi si rifà a quella che, limitatamente ai primi tre reattori, esclusi cioè quello canadese, è stata presentata nel rapporto dei tre Saggi al Consiglio dell'Euratom.

Le cifre espone dimostrano un evidente vantaggio a favore del reattore canadese ad uranio naturale ed acqua pesante, il quale ai numerosi pregi connessi con l'adozione di uranio naturale, aggiunge, per la presenza dell'acqua pesante come moderatore, quello dell'impiego di una più limitata quantità di uranio. Si deve tuttavia tener conto della rilevante spesa per l'approvvigionamento dell'acqua pesante.

Questo tipo di reattore viene ad avere, a parità di potenza sviluppata, minori dimensioni di quelli a grafite, e quindi anche i problemi relativi ai grandi contenitori a pressione in acciaio, che pongono limiti severi nel dimensionamento dei reattori a grafite, risultano più facilmente superabili.

L'ampiezza e la serietà delle indagini e delle esperienze sviluppate in Canada indubbiamente avvalorano quanto esposto dal Lewis e fa ritenere che il reattore ad uranio naturale ed acqua pesante possa presentare brillanti prospettive. Tuttavia, questo tipo di reattore si trova oggi ad uno stadio di sviluppo più arretrato in confronto a quello conseguito dai tipi anglo-francesi e da quelli americani, ma è da ritenersi che gli studi effettuati nel Canada debbono venire seguiti con la massima attenzione.

Produzione di uranio nel mondo.

Le notizie fornite dal Sornheim per quanto concerne produzione attuale e disponibilità di uranio pongono anzitutto in rilievo come l'entità complessiva dei giacimenti nel mondo con possibilità di pratica ed economica utilizzazione fosse stata valutata, all'epoca della Conferenza di Ginevra, in circa due milioni di tonnellate, mentre attualmente si ritiene che questa cifra possa salire a tre-quattro milioni di tonnellate di uranio ricavabili a costi tali da poter stare nei limiti del prezzo attuale di mercato dell'ordine di 25 dollari per chilogrammo.

Qualora il tenore limite per cui la coltivazione risulta conveniente si riducesse ad un terzo, l'entità complessiva delle riserve risulterebbe, in prima approssimazione, moltiplicata per dieci.

La produzione complessiva di uranio nel mondo occidentale è stata nel 1956 dell'ordine di 12.000 tonnellate che risultano ripartite come segue:

— Stati Uniti	4.600 tonnellate
— Africa del Sud	3.500 »
— Canada	2.500 »
— Congo Belga	1.000 »

— Australia	180 tonnellate
— Francia	180 »
— Portogallo	100 »
— Altri Paesi qualche decina di tonn.	

A questo deve aggiungersi la produzione dell'Unione Sovietica, stimata in un ordine di grandezza di 4.500 tonnellate.

Al momento attuale è in grande sviluppo la produzione del Canada, ove sono stati trovati ricchi ed importanti giacimenti, per cui è da prevedersi che, in un immediato futuro, questo paese passerà al primo posto nella produzione mondiale.

Per il 1958 si ritiene che tanto il Canada, quanto gli Stati Uniti giungeranno al livello di 10÷12.000 tonnellate, livello che, mentre per gli Stati Uniti rappresenta, in relazione alle conoscenze attuali, un massimo, per il Canada non è che un punto intermedio di un'ascesa ancora in pieno sviluppo.

L'Africa del Sud passerà a 4.500 tonnellate, mentre Australia e Francia passeranno a circa 500 tonnellate che, nel corso dei successivi 5÷6 anni, potranno giungere a 2.000 tonnellate circa.

In complesso per il mondo occidentale si prevede nel 1958 una produzione dell'ordine di 30.000 tonnellate. Se si considera che l'investimento occorrente per gli impianti ed attrezzature di coltivazione delle miniere e preparazione dell'uranio metallico è stimato in circa 30÷40 mila dollari per tonnellata di uranio di produzione annua, appare evidente l'enorme portata di questo nuovo settore minerario-metallurgico sviluppatosi nel volgere di pochi anni.

Trattamento dei combustibili irradiati.

Dopo l'irradiazione si trovano nel combustibile estratto dal reattore tre classi di elementi:

— *pesanti*: sostanze fertili non trasformate (torio 232 od uranio 238), sostanze fissili non bruciate (uranio 233, uranio 235, plutonio) o create durante il processo di irradiazione (uranio 233 o plutonio 239), ma anche vari altri elementi la cui presenza non può essere trascurata in pratica, se l'irradiazione è protratta a lungo.

— *medi*: comprendenti i trentuno elementi chimicamente diversi che costituiscono i possibili prodotti di fissione e che sono tutti estremamente radioattivi.

— *leggeri*: berillio, magnesio, alluminio, ferro, ecc. che entrano come costituenti nell'involucro delle sbarre di uranio e che rimangono quando non si riesca a separare meccanicamente in modo perfetto l'involucro dalla sbarra.

I procedimenti chimici illustrati da R. Sartorius (Francia) consentono naturalmente di separare gli elementi differenti, ma non gli isotopi di un medesimo elemento, per cui si otterrà in blocco tutto l'uranio con i suoi isotopi ed il plutonio con i suoi isotopi.

Analogamente, non è possibile per via chimica, separare lo zirconio inattivo proveniente da un involucro dallo zirconio

fortemente radioattivo che è uno dei prodotti della fissione.

La radioattività dei prodotti di fissione è la causa delle maggiori difficoltà durante i trattamenti chimici. Occorre quindi innanzitutto separare, quanto meglio è possibile, questi prodotti di fissione, in modo che l'uranio ed il plutonio recuperati siano liberi da radioattività e possano venire manipolati senza eccessive cautele. Inoltre, il plutonio è di per sé assai velenoso, per cui si impone che l'aria delle officine non ne contenga più di 8 milligrammi per metro cubo.

Altre difficoltà sono infine connesse con il limitatissimo tenore dei prodotti da recuperare, gli elevati rendimenti che è necessario conseguire, l'effetto distruttore delle radiazioni su sostanze organiche e su materiali da costruzione e la necessità di evitare in modo assoluto che, durante il trattamento, si raggiunga la criticità delle masse di sostanze fissili.

Dopo lo scarico del combustibile dal reattore, conviene di norma fare intervenire un periodo di «raffreddamento» dell'ordine di alcuni mesi, durante il quale la radioattività diminuisce sensibilmente.

Il metodo di successivo trattamento oggi seguito quasi esclusivamente è quello di estrazione per mezzo di solventi. Per questo occorre che il combustibile venga disciolto in acido nitrico, dopo di che si approfitta della proprietà che hanno alcuni solventi organici ossigenati di sciogliere i nitrati dei metalli pesanti. In questo modo si separa, per esempio, tutto l'uranio ed il plutonio dai prodotti della fissione, mentre, in un secondo tempo, si separeranno fra loro l'uranio ed il plutonio.

Questo procedimento, che può anche doversi ripetersi più volte, è efficace, ma assai costoso: la spesa risulta tollerabile se la quantità di materiale da trattare è sufficientemente grande, corrispondente cioè ad un gruppo di reattori di potenza.

Altri metodi chimici possibili sono quelli per precipitazione, scambio di ioni, fluorazione e successiva distillazione dei fluoruri; molto sviluppo viene oggi dato allo studio relativo a metodi pirometallurgici, i quali consentono di mantenere il combustibile allo stato metallico. Questi metodi sembrano meno costosi, ma presentano possibilità più limitate, adatte specialmente al trattamento continuo o semicontinuo dei combustibili di reattori alquanto spinti.

Gli impianti industriali per questi trattamenti divengono alquanto complessi per la necessità di protezione contro le radiazioni. Buona parte delle apparecchiature devono poter venire comandate a distanza, mentre per la manutenzione si prevede, a seconda dei casi, che essa venga effettuata dopo decontaminazione delle apparecchiature, ovvero a distanza, questa seconda soluzione comportando evidentemente ulteriori complicazioni e spese nella costruzione dell'impianto.

Si ritiene mediamente che l'investimento occorrente per un impianto atto a trattare una tonnellata al giorno di combustibile a base di uranio naturale, o leggermente arricchito, sia dell'ordine di 20 milioni di dollari, mentre il costo annuo

le di esercizio raggiungerebbe i 4 milioni di dollari, ove si consideri un periodo di ammortamento di dieci anni. Conseguentemente, il costo di trattamento dell'uranio naturale irradiato risulta dell'ordine di 20 dollari per chilogrammo; quello dell'uranio molto arricchito anche sino a 1.000 dollari per chilogrammo. Pur tuttavia, in ultima analisi, queste spese, nella maggior parte dei casi, non gravano in misura eccessiva sul costo dell'energia.

L'O.E.C.E. ha recentemente studiato la possibilità di costruire un impianto per trattamenti chimici in comune per le Nazioni partecipanti. Si è stimato che per i primi 3-4 anni di esercizio, cioè dal 1961 al 1964, il materiale da trattare non superi le 100 tonnellate per anno, ma l'impianto naturalmente è stato previsto in modo da poter essere agevolmente ampliato. Il costo per questo impianto è previsto in circa 15 milioni di dollari con una spesa di esercizio dell'ordine di 2,5-3 milioni di dollari all'anno, compreso l'ammortamento, ma escluso l'interesse sul capitale. L'esercizio di questo impianto comporterebbe l'impiego di circa 450 persone.

A questo scopo sono state proposte varie località; viene posto in evidenza un problema assai importante connesso con l'ubicazione dell'impianto; quello della collocazione dei materiali radioattivi che residuano dalla lavorazione e di cui è necessario in qualche modo sbarazzarsi senza ovviamente cagionare pericoli a chicchessia.

Cessione di uranio arricchito da parte degli Stati Uniti.

La grandiosità degli impianti per la separazione isotopica costruiti soprattutto per scopi militari negli Stati Uniti rende disponibili notevoli quantità di uranio 235 utilizzabili per l'arricchimento dell'uranio naturale anche per usi civili. Questa circostanza favorisce lo sviluppo dei reattori di potenza ad uranio arricchito e, per facilitare l'eventuale installazione anche all'estero, il Governo degli Stati Uniti mette a disposizione degli altri Paesi apprezzabili quantitativi di uranio arricchito, e ciò nei termini della legge promulgata nel 1954 (Atomic Energy Act), la quale autorizza la Commissione per l'Energia Atomica a collaborare con ogni altra Nazione, distribuendo uranio arricchito od anche sostanze fissili pure secondo appositi singoli accordi da prendersi fra il Governo degli Stati Uniti e quello della Nazione interessata.

Secondo le notizie fornite da C.C. Vogel della A.E.C. dopo concessioni iniziali per un complesso di circa 200 Kg., il Governo, nel febbraio 1956, ha reso nota la disponibilità di ulteriori 20.000 Kg. di uranio 235 per la distribuzione ad altri Paesi. Questo quantitativo è stato determinato tenendo conto delle possibili necessità all'estero per iniziare un sufficiente sviluppo di reattori per ricerca e per energia. Detti materiali vengono tuttavia concessi soltanto con riferimento a progetti ben definiti e la Nazione richiedente deve sottoporre precise indicazioni sul progetto che intende realizzare.

Naturalmente, sono previsti limiti nelle quantità di combustibile che possono venire messe a disposizione nei singoli casi; per reattori aventi scopo scientifico può venire concesso uranio arricchito sino al 20% in tenore di uranio 235 ed in quantità non superiore a 6 ovvero 12 Kg. di uranio 235 a seconda dei tipi, oltre alle quantità addizionali di combustibile necessarie per mantenere il reattore in esercizio.

Per scopi scientifici possono anche venire concesse piccole quantità, nell'ordine dei grammi, di uranio 233, di uranio 235 ad elevato arricchimento, e di plutonio.

Nel caso di reattori di potenza le quantità concedibili sono naturalmente assai più elevate e sono sempre determinate in ragione della quantità netta di uranio 235 contenuta nel combustibile nucleare. Anche in questo caso sussiste il limite del 20% di arricchimento con eventuali eccezioni fino al 90% per reattori di prova di materiali il cui fabbisogno di combustibile non superi i 6 Kg.

Il combustibile per reattori di potenza viene venduto dagli Stati Uniti all'altra parte contraente, mentre per reattori scientifici il combustibile viene concesso in affitto.

È fissata una tabella di prezzi per l'uranio arricchito fornito secondo questi accordi internazionali in funzione del tenore di arricchimento. Ad esempio, nel caso di arricchimento del 20%, il costo risulta di circa 16 dollari per grammo. Si afferma che questa tabella di prezzi è stata compilata su basi realistiche, tenendo conto del costo di produzione, compreso l'ammortamento degli impianti e senza che intervenga alcuna sovvenzione da parte del Governo.

Altre tabelle sono state stabilite per quanto concerne l'uso del materiale anziché la vendita, nonché per l'eventuale riacquisto da parte degli Stati Uniti di materiali fissili residuati o prodotti nei reattori. Infatti, secondo i termini degli accordi, il plutonio e l'uranio 233, che vengono generati durante il funzionamento dei reattori, possono venire trattati per ulteriore impiego civile nel Paese contraente, ovvero possono venire offerti in vendita agli Stati Uniti. È stato stabilito per il plutonio metallico il prezzo di 12 dollari per grammo e per l'uranio 233 in forma di nitrato 15 dollari per grammo.

Sono anche previsti accordi per quanto riguarda la rigenerazione del combustibile già utilizzato nel reattore (« reprocessing »). Tuttavia, non sono per ora disponibili negli Stati Uniti impianti che possano eseguire tale servizio con carattere commerciale e perciò, per ora, il servizio stesso deve venire concordato di volta in volta. Il costo di questa operazione viene per ora stabilito sulla base di un ipotetico impianto con costo di costruzione di circa 20 milioni di dollari e costo di esercizio annuo, compreso l'ammortamento, di circa 4,6 milioni di dollari.

Accordi internazionali del genere di quelli sopra indicati sono previsti da parte del Governo degli Stati Uniti non solo con singole Nazioni estere, ma an-

che con gruppi di Nazioni, come ad esempio l'O.E.C.E., nel qual caso evidentemente dovrebbero venire concordate adeguate condizioni e garanzie.

Fusione nucleare.

È ben noto che le reazioni di fusione nucleare sulle quali si concentrano gli sforzi dei ricercatori interessano esclusivamente i nuclei più leggeri, e particolarmente quelli degli isotopi dell'idrogeno. L'idrogeno ha infatti due isotopi, e cioè il deuterio od idrogeno pesante ed il tritio. Soprattutto due reazioni sono studiate, e cioè quella che interviene fra un nucleo di deuterio ed uno di tritio con formazione di un nucleo di elio, e quella che interviene fra due nuclei di deuterio con possibilità di formazione di un nucleo di elio, ovvero di un nucleo di tritio. Queste reazioni comportano la liberazione di ingenti quantità di energia dello stesso ordine di grandezza di quelle in gioco nelle reazioni di fissione.

Il grande interesse dell'utilizzazione di questa reazione in forma controllata per produzione, ad esempio, di energia elettrica, risiede nel fatto che il materiale di partenza si trova sulla terra in quantità praticamente illimitata. È bensì vero che il deuterio è presente nell'idrogeno naturale in ragione di una parte su seimila circa, ma la quantità di idrogeno nelle acque degli oceani è così ingente da assicurare l'approvvigionamento di energia a tutto il mondo per milioni di anni.

Vi sono tuttavia alcune grandi difficoltà da superare — secondo quanto esposto da A. S. Bishop — per la realizzazione di apparati atti a praticamente utilizzare le reazioni di fusione e le reazioni termonucleari.

Innanzitutto, a differenza della fissione, la fusione può avvenire solo a temperature enormemente elevate, dell'ordine di decine di milioni di gradi, cioè dell'ordine di grandezza delle temperature esistenti nell'interno del sole. E poiché queste temperature crescerebbero rapidamente con l'aumentare del numero atomico dei nuclei interessati, si vede come non ci si possa limitare che a considerare i nuclei di minimo numero atomico, cioè quelli con numero atomico uno (idrogeno e suoi isotopi).

Occorre poi che la reazione sia « a catena ». Ora, alle elevatissime temperature accennate, tutti gli atomi del combustibile sono completamente ionizzati, cioè privati dei loro elettroni e costituiscono il cosiddetto « plasma ». Questo plasma, ad altissima temperatura, formato in sostanza di nuclei e di elettroni in rapidissimo e disordinato movimento, irraggia grandi quantità di energia. È chiaro allora che, per il procedere della reazione, occorre che l'energia sviluppata sia maggiore di quella irradiata. Perché ciò avvenga, è necessario che il plasma si trovi ad una temperatura minima « critica », e per contenere questo valore di temperatura, entro i limiti minimi possibili, occorre che il plasma sia perfettamente puro, non inquinato cioè da elementi con numero atomico superiore.

Altra grande difficoltà è quella di tenere insieme la quantità di plasma nella

quale si vuole fare avvenire la reazione, avendo presente che nessun materiale può sopportare le enormi temperature in gioco. Nel caso del sole, questa funzione è svolta dalla forza di gravità. Sulla terra si è pensato di utilizzare l'azione di campi magnetici con sufficiente intensità. Le intensità necessarie sono notevoli, ma stanno tuttavia nei limiti di quelle ottenibili in laboratorio.

Occorre infine estrarre l'energia che si sviluppa nella reazione di fusione e trasformarla in energia utile. Nel caso della fusione, sussiste la possibilità di generare direttamente energia elettrica senza passare attraverso un ciclo termico. Questa possibilità risulta dal fatto che, per esempio, nella reazione deuterio + deuterio, oltre due terzi dell'energia liberata viene a disposizione in forma di energia cinetica di particelle le quali, per virtù della loro carica elettrica, non possono sfuggire al campo magnetico che le trattiene. Si può allora pensare, avendo in definitiva a disposizione un campo magnetico entro cui ruotano particelle con carica elettrica, alla produzione diretta di energia elettrica. Questo rappresenta un notevole vantaggio di eventuali apparecchi a fusione in confronto a quelli a fissione.

Altri vantaggi sono dati dall'accennata larghissima disponibilità di combustibile, dal fatto che i prodotti della reazione sono nuclei non radioattivi ed ancora del fatto che un apparecchio termonucleare controllato sarebbe, sotto certi aspetti, meno pericoloso di un reattore a fissione. Infatti, la zona in cui avviene la reazione conterrebbe in ogni istante solo una piccolissima quantità di combustibile, mentre il rimanente potrebbe trovarsi al di fuori di questa zona ed a temperatura ambiente, per cui si ritiene che le possibilità che l'apparecchio sfugga al controllo od esploda siano molto piccole.

Sussistono naturalmente problemi assai complessi che debbono ancora essere risolti prima che un simile apparecchio possa diventare realtà. Negli Stati Uniti si sta lavorando a questi studi ed a queste esperienze, per tre diverse vie, nei laboratori di Princeton nel New Jersey, di Los Alamos nel New Mexico e di Livermore in California. Altre analoghe esperienze sono condotte ad Oak Ridge, nell'Università di New York, nel Naval Research Laboratory e nel Massachusetts Institute of Technology.

Radiazioni e misure protettive.

I problemi riguardanti gli effetti delle radiazioni sulle persone e la protezione di queste — addetti agli impianti e popolazione civile — sono stati trattati dal Dr. Muth e dal Dr. Jammet.

È ben noto che gli effetti biologici delle radiazioni dipendono essenzialmente dalle dosi effettive assorbite dal corpo umano e dalla ripartizione di queste dosi nello spazio e nel tempo, vale a dire che gli effetti possono essere diversi a seconda che tutto il corpo od una parte di questo abbia ricevute le radiazioni ed a seconda che si tratti di un'esposizione continua a debole intensità, ovvero di notevole intensità e breve durata. Si deve altresì distinguere fra l'effetto esterno

di raggi estremamente penetranti, come i raggi X od i raggi gamma, e l'esposizione interna a sostanze radioattive che si trovino entro l'organismo, nel qual caso si deve tener conto più particolarmente degli effetti dei raggi alfa e beta sui globuli del sangue.

L'effetto di queste radiazioni può essere locale o generale, immediato o ritardato. L'effetto ritardato di un'esposizione continua a radiazioni, anche di debole intensità, può determinare l'abbreviamento della vita delle persone e procurare leucemia o cancro. Quando tutta una popolazione, o parte di essa, è esposta alle radiazioni può anche intervenire un aumento della frequenza delle mutazioni genetiche.

La Commissione Internazionale di protezione contro le radiazioni, sulla base delle osservazioni scientifiche fino ad ora effettuate, ha pubblicato raccomandazioni da osservarsi nello studio o nella progettazione delle apparecchiature di protezione.

Occorre premettere che per le radiazioni X e gamma, le quali determinano la ionizzazione dei corpi che attraversano, ed in particolare dell'aria, si è definita un'unità per misurare la quantità di radiazione, il « roentgen », cioè la quantità di radiazioni che libera in un cm³ di aria una determinata quantità di ioni, in definitiva quindi una determinata carica elettrica.

Per tenere poi conto del diverso comportamento di materiali che non siano l'aria (in particolare i tessuti viventi) e per considerare anche gli effetti delle altre radiazioni, raggi alfa, raggi beta, neutroni, si è introdotta un'altra unità di misura che si appoggia alla precedente e che è denominata « rem » (roentgen equivalent man).

Ciò premesso, il limite massimo ammissibile nell'individuo venne in un primo tempo fissato in 0,3 rem per settimana con riferimento all'intero corpo di una persona. Esperimenti e ricerche più recenti hanno condotto gli Organismi Internazionali allo studio, tuttora in corso, di nuovi valori massimi, contenuti in limiti più ristretti. Contemporaneamente, vengono fissati altri limiti proporzionalmente inferiori per periodi di tempo superiori alla settimana; sono stati proposti, ad esempio, 5 rem per anno, 50 rem in totale fino a 20 anni di età, 50 rem per ogni ulteriore decennio di vita ed un massimo assoluto di 200 rem fino a 60 anni di età. Per tutto un insieme di una popolazione è stato proposto un massimo di 10 rem in 10 anni.

Nel caso di esposizione singola di breve durata di tutto il corpo a raggi X o gamma, si ritiene oggi che la dose massima da non superarsi in ogni caso sia dell'ordine di 25 rem.

Notevole rilievo viene dato all'azione della radioattività naturale, la quale si somma a quella di eventuali fattori aggiuntivi. Il corpo umano è infatti normalmente sottoposto a radiazioni dovute ai raggi cosmici, a sostanze radioattive contenute nell'organismo stesso ed a sostanze radioattive che trovansi normalmente nell'aria e che vengono assorbite per via respiratoria. In condizioni nor-

mali naturali, la dose totale assorbita da un individuo è di circa 0,15 rem per anno.

Queste considerazioni, unitamente alla visione degli effetti veramente gravi nel caso di eccessiva esposizione a radiazioni, fanno vedere l'importanza di tutti i provvedimenti necessari per proteggere sia le persone addette agli impianti, sia le popolazioni dei centri più o meno prossimi agli impianti stessi.

Sotto questo aspetto, particolarmente accurato è lo studio per la scelta del sito ove installare l'impianto, tenuto conto del rischio di contaminazione per emissione di gas all'atmosfera e per scarico di acqua eventualmente impiegata per raffreddamento.

A questa scelta si ricollegano attenti studi meteorologici con particolare riferimento al regime dei venti, delle temperature, ad eventuali ristagni di aria in determinate zone, ricerche idrologiche per conoscere esattamente il regime delle correnti delle acque superficiali e delle acque sotterranee anche per i riflessi sulle coltivazioni eventualmente sottoposte ad irrigazione, indagini di carattere demografico sulle popolazioni delle zone interessate. L'area alla quale questi studi vengono estesi è più ristretta nel caso di reattori scientifici o di potenza e notevolmente più estesa nel caso di impianti industriali per il trattamento chimico dei combustibili nucleari.

Per quanto in particolare concerne le misure di sicurezza da adottarsi, si ricordano innanzitutto quelle connesse con l'ubicazione dell'impianto; vi sono poi tutte quelle legate alla progettazione dell'impianto stesso, riguardanti gli organi di controllo e di regolazione, le schermature di protezione, l'adozione di opportuni comandi a distanza, la perfetta impermeabilità dei circuiti entro cui avviene il movimento dei fluidi refrigeranti, le apparecchiature per la rimozione del combustibile esaurito, gli eventuali involucri resistenti a pressione entro cui sono contenute parti ovvero la totalità del reattore, ecc.

Grande importanza acquista evidentemente tutta la tecnica delle misure per il rilevamento delle radiazioni nelle zone circostanti l'impianto.

Per quanto concerne i riflessi sulle persone, viene fatta la distinzione fra misure di sicurezza di carattere collettivo e misure di carattere individuale.

Le prime conducono ad imporre limitazioni all'intensità di irradiazione ambiente per ciascun tipo di radiazione e per il cumulo delle varie radiazioni, alla contaminazione atmosferica, all'eventuale contaminazione di oggetti e di pareti, di cibi e di bevande, abiti, ecc.

Le misure di carattere individuale evidentemente non possono venire prese che per il personale addetto all'impianto o comunque chiamato a lavorare in regioni ove vi sia il pericolo di eccesso di radiazioni. In questo caso, per il controllo periodico della quantità di radiazioni ricevute da ciascun individuo, sono adottati apparecchi indicatori di tipo più o meno preciso a seconda del grado di pericolo che presentano l'ambiente e le

mansioni degli interessati. Vengono previsti inoltre particolari indumenti protettivi, attrezzi individuali per la manipolazione a distanza del materiale, ecc.

Si è poi venuta sviluppando tutta una tecnica per la «decontaminazione» dei fluidi o degli oggetti che accidentalmente siano stati contaminati da radiazioni dei residui radioattivi dopo il trattamento di determinati materiali. Questi residui possono contenere isotopi radioattivi di vita breve dell'ordine delle ore o dei giorni, per cui un sufficiente periodo di attesa può eliminare ogni pericolo, ma possono anche contenere isotopi radioattivi di vita così lunga da rendere necessarie misure di carattere permanente. Si ricorre allora alla diluizione in acqua in misura tale che la radioattività non presenti più pericolo ed al successivo scarico in corsi d'acqua, all'incenerimento ed avacuazione dei fluidi all'atmosfera con camino di altezza sufficiente, ed ancora alla concentrazione degli isotopi da eliminare ed alla loro collocazione in recipienti di adeguate caratteristiche, ovvero alla loro incorporazione in blocchi di calcestruzzo di convenienti dimensioni da gettarsi in mare con tutte le precauzioni del caso o da interrare a sufficiente profondità.

Programma di collaborazione europea.

Tutti i Paesi d'Europa, in minore o maggiore misura, hanno rivolto e rivolgono la più viva attenzione ai problemi nucleari, sia per il loro interesse scientifico, sia per la portata sul piano pratico non solo nel campo della produzione di energia, ma anche per le altre innumerevoli applicazioni nell'industria di ogni genere, in medicina, biologia, agricoltura, ecc., nonché per i riflessi di ordine militare, politico e sociale che i programmi delle grandi e minori Nazioni coinvolgono.

Alcuni Stati, come si è accennato, anche se relativamente piccoli e dotati di modesti mezzi, hanno già compiuto grandissimi sforzi ed investito notevoli capitali per non rimanere troppo indietro ed essere pronti a trarre profitto dalle nuove scoperte.

Ma è evidente che lo sforzo anche ingente in un singolo Paese europeo è inadeguato alle proporzioni che queste ricerche hanno assunto ed agli investimenti che appaiono necessari per lo svolgimento di un concreto e proficuo programma, il quale consenta, fra l'altro, di conservare la massima possibile indipendenza dai grandi blocchi che sono all'avanguardia nella competizione mondiale.

D'altra parte l'Europa deve far fronte ad un preoccupante problema di approvvigionamento di energia. Secondo le cifre fornite da M. Baumgartner, Presidente della Société France-Atome, il consumo di energia nell'Europa Occidentale nel 1955 può venire ragguagliato a 730 milioni di tonnellate di carbone equivalente. La produzione interna dell'Europa

Occidentale stessa è stata nel medesimo anno pari a 584 milioni di tonnellate, di cui 509 corrispondenti a carbone e lignite e 57 a energia idroelettrica. La differenza, ragguagliata a 146 milioni di tonnellate di carbone equivalente, è stata importata sotto forma di carbone per 33 milioni di tonnellate e di petrolio per 113 milioni di tonnellate di carbone equivalente.

Orbene, le previsioni degli esperti concludono che nel 1975 il fabbisogno dell'Europa Occidentale raggiungerà un valore corrispondente a 1100-1300 milioni di tonnellate di carbone equivalente, mentre la produzione a quell'epoca non potrà raggiungere che poco più di quella attuale, e cioè 755 milioni di tonnellate.

Il problema energetico dell'Europa non presenterebbe dunque altra soluzione che quella di un ingente incremento del volume di importazioni, soprattutto sotto forma di petrolio.

Visto sotto questo aspetto, lo sviluppo della produzione di energia nucleare ha per l'Europa un vivo ed immediato interesse, anche perché questa soluzione, in confronto a quella dell'importazione di altri combustibili, offre indiscutibili vantaggi per quanto concerne i trasporti ed il fabbisogno di valuta.

Anche volendo prescindere dalla considerevole disponibilità di sostanze fissili nel territorio dell'Europa Occidentale, è evidente come il problema dei trasporti del combustibile sarebbe ben diverso nel caso di impianti ad uranio e nel caso di impianti a combustibili tradizionali.

Per quanto riguarda la valuta, è da ritenersi che l'importazione di energia nucleare sotto forma di uranio naturale ne richieda un quantitativo compreso fra il 10 ed il 20% di quello occorrente per l'importazione delle corrispondenti quantità di carbone o di nafta. Tuttavia, perché questo vantaggio non sia illusorio, occorre che non si debbano importare anche le attrezzature per la produzione dell'energia e le prestazioni tecniche e scientifiche.

Per conseguire questi scopi è indispensabile la più intensa collaborazione fra i Paesi dell'Europa Occidentale.

Questa ha avuto felice inizio, sul piano scientifico, con la costituzione del « Consiglio Europeo per le Ricerche Nucleari » (CERN) sulle cui origini, sviluppi e programmi ha riferito il Prof. Kowarski.

Del CERN si è cominciato a parlare nel 1950 e le sue basi sono state gettate con l'accordo di Ginevra all'inizio del 1952. Alla fine del 1954 i Governi dei dodici Paesi partecipanti (Belgio, Danimarca, Francia, Grecia, Italia, Norvegia, Olanda, Germania Occidentale, Gran Bretagna, Svezia, Svizzera, Jugoslavia) avevano ratificato la convenzione che dava effettiva vita al CERN.

Ciascun Governo partecipa al bilancio del CERN secondo quote stabilite in relazione al reddito nazionale. Nel 1954

vennero iniziati i lavori per la costruzione del grande laboratorio di ricerca presso Ginevra ed attualmente il sincrociclotrone di 600 MeV, cioè di portata pari a quella delle due più grandi macchine esistenti negli Stati Uniti e nell'Unione Sovietica, è praticamente terminato.

Frattanto, sono in pieno sviluppo i lavori per la costruzione del sincrociclotrone di 25.000 MeV che dovrà essere terminato per il 1960 ed al quale tutto il mondo guarda con interesse per le eccezionali possibilità di investigazione scientifica che vi sono connesse.

Ma la collaborazione europea non può limitarsi al campo puramente scientifico e deve investire il settore industriale, il quale comporta un fabbisogno di mezzi e di uomini assai più grande.

L'O.E.C.E. ha intrapreso lo studio di un programma di azione comune europea sotto l'aspetto finanziario, scientifico, tecnico ed umano, programma che prevede, fra l'altro, la realizzazione in comune di uno stabilimento per la separazione chimica dei combustibili irradiati e di centrali nucleari pilota. Questo programma, che contempla anche accordi sul piano politico e controlli di sicurezza e che è stato illustrato da M. Huet, Consigliere Generale dell'O.E.C.E. per i problemi nucleari, si ricollega da un lato a quello più vasto, ma tuttora in discussione, per la costituzione dell'Agenzia Internazionale per l'Energia Nucleare e d'altro lato a quello più ristretto, ma con più concrete prospettive di pratica realizzazione, dell'EURATOM.

Sui programmi e sul progetto di statuto dell'Agenzia Internazionale per l'Energia Nucleare ha parlato M. Isenbergh, illustrando le varie clausole di statuto che prevedono forniture di materiali e di impianti da Paese a Paese, reciproche garanzie di sicurezza e di protezione sanitaria, collaborazione sul piano scientifico e tecnico. Questo programma, promosso sotto l'egida delle Nazioni Unite, e quindi con portata mondiale, ha incontrato sino ad ora notevoli ostacoli per la sua messa in marcia.

Per contro, il progetto dell'EURATOM, limitato per ora almeno ad un settore ancora più ristretto di quello dell'O.E.C.E., e cioè ai soli sei Paesi della Comunità carbone-acciaio, ha condotto alla recente firma del trattato a Roma e sembra presentare buone possibilità per l'avviamento di un'attività comune sul piano industriale.

È auspicabile che quest'azione possa procedere speditamente ed anche estendersi a maggior numero di Paesi, perché l'Europa, la quale costituisce un blocco che per popolazione e livello scientifico e tecnico può stare alla pari con gli Stati Uniti e l'Unione Sovietica, possa assumere il posto che le spetta anche nel campo dell'energia nucleare, che appare destinato ad acquistare così grande importanza nel nostro avvenire.

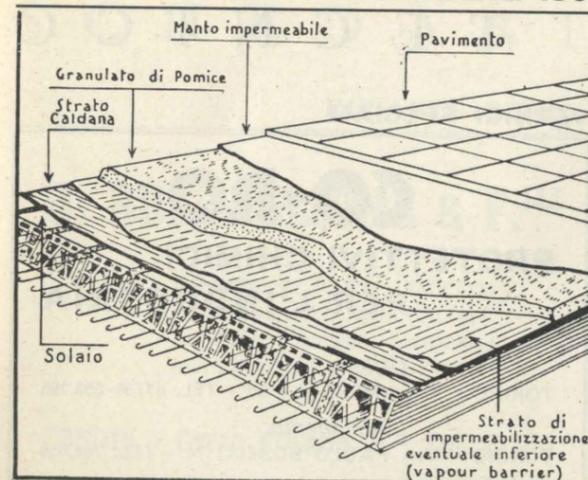
Guido Bonicelli

Direttore responsabile: **AUGUSTO CAVALLARI-MURAT**

Autorizzazione Tribunale di Torino, n. 41 del 19 Giugno 1948

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE

MATERIALI ISOLANTI PER EDILIZIA



Ditta GIUSEPPE CURRELI

Via Manfredi 17 - ROMA

GRANULATI di POMICE - Cave proprie

Il sistema di isolamento in Massetto Magro di Pomice-Cemento è PRATICO - EFFICACE - ECONOMICO

GLI APPARTAMENTI non isolati od insufficientemente isolati dal freddo, dal caldo e dai rumori, non si vendono nè si affittano.

Agente per il Piemonte: **Dr. Ing. EZIO DE PADOVA**
CORSO FRANCIA 84 - TORINO - TELEFONO 760.714

CEMENTI - MATERIALI PER EDILIZIA

Cementir

CEMENTERIE DEL TIRRENO

S. p. A.

ROMA - VIA G. A. GUATTANI 13

CEMENTERIA DI LIVORNO

SOCIETÀ CONTROLLATA

Cemenfaro

S. p. A.

STABILIMENTI:

NAPOLI - LAURIANO PO - LIVORNO

UFFICI VENDITA

ROMA - Via G. A. Guattani 13
Telef. 841.104 - 848.254
NAPOLI - Piazza Matteotti 7
Telef. 24.614 - 59.380
TORINO - Corso S. Maurizio 31
Telef. 882.420
LIVORNO - Piazza Carabinieri 7
Telef. 22.196



F.lli BUZZI

S. p. A.

Casale Monferrato - C. Giovane Italia 9 - Tel. 11.43

CEMENTI

CEMENTI PORTLAND normali e ad alta resistenza
CEMENTI pozzolanici e d'alto forno
AGGLOMERATI CEMENTIZI
CALCE EMINENTEMENTE IDRAULICA MACINATA

Stabilimenti in:
CASALE MONFERR. E TRINO VERCELL.
FILIALE IN TORINO:
Via Pietro Micca 17 - Telef. 45.961

“SIDEROCEMENTO”

Società Anonima

Impresa Generale per Costruzioni

MILANO - Via Puccini, 5 - Tel. 860.886 - 871.259 - 893.606
Uff. dipen.: VENEZIA S. Marco 4086 A - Tel. 22.733
» » BOLZANO - P.za IV Nov. 1/1 - Tel. 21.085

Studio Tecnico ed Impresa per Cementi armati e Costruz. varie - Sviluppo progetti ed esecuzioni complete di opere
Consulente Prof. Ing. A. Danusso del Politecnico di Milano
Palificazioni con pali «VIBRO» gettati in opera

DITTA **Mazio Zaglio**

TORINO - Via d. Orfane 7 - Tel. 46.029

Tutti i tipi di CEMENTO comuni e speciali, Nazionali ed Esteri
CALCI di ogni qualità
GESSI da forma e da Costruzioni