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 fisse non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

Progresso tecnologico ed industria estrattiva

LELIO STRAGIOTTI, Professore Ordinario di Arte Mineraria nella Facoltà di Ingegneria, in occasione dell'inaugurazione dell'anno accademico 1967-68 del Politecnico di Torino, ha svolto nella prolusione il tema « Progresso tecnologico ed industria estrattiva », il cui testo si pubblica, seguendo l'ormai tradizionale consuetudine, sull'Annuario del Politecnico e — per gentile concessione — sulla Rivista della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino.

È significativo che le locuzioni comunemente adottate per individuare i diversi tempi dello sviluppo della civiltà — età della pietra, del rame, del bronzo, del ferro; età del carbone, età del petrolio, ... — facciano riferimento ad altrettante tappe dello sviluppo delle conoscenze minerarie e dell'attività estrattiva.

D'altra parte, l'intimo legame tra questa e tutto lo sviluppo della civiltà è documentato da innumeri constatazioni. Fin dalla preistoria più remota, già nel primo atto ragionato che possiamo supporre l'uomo abbia compiuto — quello di raccattare una pietra per colpire una preda od un nemico — si può infatti ravvisare il germe iniziale della tecnologia estrattiva. Poi, con successivi passi, l'uomo appare intento a cercare forme più rispondenti ad alcune sue particolari necessità, ovvero si adopra a ricavarle dalla materia greggia di cui dispone; dando così origine, accanto a quella estrattiva, anche ad una certa attività di trasformazione, che resta però — nei primi tempi almeno — non distinta dalla prima. Nel contempo egli affina anche le sue conoscenze sui vari tipi di pietre esistenti, mentre viene sicuramente prendendo forma il concetto di minerale, ossia l'esigenza di disporre di materiali greggi soddisfacenti a certe ben precisate caratteristiche, che oggi sappiamo dire meccaniche, chimiche, cromatiche, ecc.

Non più la pietra generica, ma la selce o l'ossidiana, fornite di particolari requisiti di lavorabilità e tenacità, divengono infatti, fin dal paleolitico, oggetto di una attività che ben si può definire mineraria. Esse anzi rendono possibile il primo esempio di progresso tecnologico vero e proprio, lentissimo come le evoluzioni naturali, ma continuo ed impressionante; il quale si attua sia nel piano dell'attività di trasformazione (si passa dalle tecniche dell'inizio del paleolitico che da un pezzo di selce del peso di circa un chilo consentono di ricavare appena un decimetro di lama al raffinato metodo di scheggiatura della fine del neolitico che dalla stessa quantità di pietra consente di ricavare ben 20 metri di lame affilatissime), sia nel piano dell'attività estrattiva (ove si passa dalla semplice raccolta delle pietre nel letto dei torrenti allo scavo di pozzi o, addirittura, di gallerie per sfruttare la parte sotterranea dei depositi affioranti di buona selce).

Da quel momento, il progresso tecnologico dell'umanità prosegue senza soste il suo cammino. Inizia e si sviluppa il ciclo dei metalli, con la formazione e la successiva evoluzione delle varie tecnologie metallurgiche; segue il ciclo del carbone; e così, attraverso i millenni — passando dalla preistoria alla protostoria, ai tempi storici, sino ai giorni nostri — la varietà di materie prime minerali cui l'uomo riesce a trovare utili applicazioni continua a crescere. Non si ha però qui l'intenzione di seguire passo passo le successive fasi di questo sviluppo e della connessa evoluzione dell'attività estrattiva: basti ricordare che quest'ultima, dovendo sempre essere in grado di fornire in quantità e qualità opportune i materiali base per le varie attività manifatturiere via via sorte, ha saputo progressivamente affrontare e risolvere innumeri difficoltà e problemi, naturalmente accogliendo anche di volta in volta ritrovati e progressi di altri campi dell'attività umana; per cui oggi essa si trova sostanzialmente allineata al livello attuale del progresso tecnologico generale.

È certo tuttavia, che spesso nell'opinione corrente il lavoro di miniera è — ancor oggi — considerato principalmente nei suoi aspetti più rudi e grossolani, ad esso associandosi in genere concetti di pericolo, disagio, fatica, brutalità nell'azione. Per indicare invece un'attività considerata all'avanguardia è quasi d'obbligo far oggi riferimento piuttosto all'industria spaziale od a quella elettronica.

Ciò può derivare o da una natu-

rale repulsione che l'ambiente sotterraneo esercita sovente sull'uomo, o dai ricordi di immagini dell'antichità classica che mostrano essenzialmente figure di schiavi quali addetti alle miniere, o, anche, dalla visione — purtroppo ancora attuale — di talune teorie di emigranti. In realtà, la presenza degli schiavi nelle miniere antiche era giustificata dalla disponibilità di masse di prigionieri e dalla insostituibilità — allora — della forza fisica dell'uomo nei lavori di abbattimento e sgombero. Ciò non significa però che il lavoro in miniera fosse considerato di infimo livello tecnico; risulta infatti ad esempio che uno schiavo sovraintendente fu acquistato qualche secolo avanti Cristo con una cifra equivalente ad una trentina di milioni di lire attuali dal concessionario delle miniere di Laurion in Grecia! E, quanto ad oggi, anche se l'utilizzazione dell'energia muscolare umana non è del tutto scomparsa, è certamente assai frequente osservare in sotterraneo operai addetti all'azionamento delle leve di comando di macchine per l'abbattimento o tecnici comodamente seduti davanti al quadro di controllo dei trasporti interni della miniera.

Come si vede, il quadro non è esattamente quello dell'opinione comune anche se possono oggigiorno talora coesistere nell'ambito dell'industria estrattiva — e talvolta anche nella stessa miniera — settori o stadî di lavoro tecnologicamente assai avanzati ed altri ancora arretrati. Ciò è dovuto alla particolare natura dell'industria estrattiva, la quale non agisce su materiali prodotti dall'uomo, epperciò definiti in tutte le loro caratteristiche, ma su materiali — minerali e rocce — messi a disposizione dalla natura in adunamenti quanto mai vari, e più spesso sepolti, dei quali l'uomo sovente riesce a conoscere compiutamente morfologia, estensione, posizione rispetto alla superficie e distribuzione della mineralizzazione solo quando li ha completamente esauriti. Queste circostanze, unite alla grande disparità di valore tra i diversi minerali estratti, impediscono una uniformità sia nelle dimensioni dell'azienda che nei metodi e nei mezzi di lavoro adottabili. Nè andrebbero d'altra parte taciute la influenza delle condizioni di mercato — strettamente connesse a situazioni politiche internazionali sempre mutevoli — e l'inevitabile inerzia a rinnovarsi di ogni azienda mineraria, derivante dalla presenza di impianti di grande mole, dall'importanza degli investimenti connessi e dal tempo richiesto per realizzare modifiche strutturali. Noi vediamo perciò coesistere aziende a carattere artigianale accanto ad imprese colossali, come pure miniere dove non si è andati oltre alla parziale meccanizzazione delle operazioni di abbattimento (adozione di attrezzi pneumatici od elettrici individuali) ed altre in cui si è invece raggiunta, in gran parte delle fasi del ciclo operativo, una completa automatizzazione.

È indubbio, tuttavia, che gli sviluppi della tecnologia in uno con la necessità di aumentare la produttività delle miniere per soddisfare il generale incremento nelle richieste di materie prime hanno progressivamente portato l'industria mineraria a rinnovare le sue strutture. In questo quadro hanno avuto rilevanza sia la continua diminuzione dell'incidenza delle materie di base rispetto al prezzo dei manufatti — sì che esse rappresentano ormai una frazione esigua nell'economia dell'intero ciclo di lavorazione — sia l'affermarsi di nuove materie prime minerali che l'uomo ha saputo convenientemente utilizzare. Già sono del secolo passato l'uso dei fertilizzanti di origine minerale, la nascita della metallurgia dell'alluminio ed il sorgere dell'industria petrolifera. Nel nostro secolo sono venuti ad acquistare importanza i metalli delle terre rare, i refrattari speciali, i leganti per gli acciai ed i minerali radioattivi, tanto che molti elementi chimici che prima erano solo dei simboli ordinatamente incasellati nella tabella di Mendeleieff sono oggi diventati materie prime insostituibili per molte industrie. Un cenno va fatto anche al fenomeno opposto e cioè al decadere dell'impiego di alcune sostanze. Nel campo dei combustibili, è noto il regresso del carbon fossile rispetto agli idrocarburi, il che si è fatto vieppiù imponente negli ultimi anni; un altro esempio, più recente, ci viene dai molteplici usi delle materie plastiche in vari campi in cui era, in passato, d'impiego tradizionale soprattutto il piombo.

Una trattazione a parte meriterebbe il legame tra il progresso nella tecnologia degli acciai e la messa in coltivazione di particolari giacimenti. Basti un cenno dell'esempio, ormai classico, fornitoci dall'invenzione, verso la fine del secolo scorso, del processo di conversione delle ghise fosforose in acciaio (processo Thomas) che ha permesso lo sfruttamento di numerosi giacimenti di minerali di ferro prima inutilizzabili, contribuendo in particolare allo sviluppo economico della Svezia ed al consolidamento dell'industria pesante al confine franco-tedesco. Oggi la nascita degli acciai speciali, i quali richiedono cromo, manganese, berillio, nichel, titanio, cobalto, tungsteno, molibdeno, vanadio, ecc. ha spinto l'industria estrattiva a rivedere l'organizzazione di vecchie miniere ed a coltivare nuovi giacimenti; mentre più recentemente la siderurgia, invitata dalla messa in produzione dei nuovi e ricchi giacimenti sud-americani, africani ed asiatici, tende ad impiegare unicamente e direttamente minerali puri ad alto tenore.

* * *

Venendo ad esaminare più in particolare i più recenti progressi delle tecnologie minerarie sembra opportuno citare anzitutto le conquiste di quel ramo dell'arte mineraria che si occupa dell'ottenimento di prodotti commerciali dai grezzi di miniera, la preparazione dei minerali. Questa tecnica infatti, rimasta praticamente immutata durante secoli, sino alla seconda metà dell'800, ha compiuto passi notevolissimi in questi ultimi 100 anni, consentendo di aumentare i recuperi di minerale utile e nel contempo di estendere le coltivazioni a giacimenti più poveri ovvero caratterizzati da sempre più fine dispersione del minerale pregiato nello sterile o da intime mescolanze di diversi costituenti utili.

Alcuni dei principi oggi impiegati sono gli stessi su cui si basavano gli antichi procedimenti, naturalmente con innovazioni sostanziali tali da renderli più efficaci ed economicamente convenienti; così è in particolare per tutti i metodi di separazione idrogravimetrica. A questi si sono successivamente aggiunti da tempo altri procedimenti, basati sulle differenze di caratteristiche magnetiche ed elettriche, di peso specifico, di proprietà di superficie dei grani minerali (come la bagnabilità, l'adsorbimento, la reattività chimica superficiale); in merito ai quali ci piace ricordare in questa sede Quintino Sella quale primo realizzatore — sin dal 1854, nella miniera di Traversella — di un apparecchio per la separazione magnetica, ed Alcide Froment che — ancora a Traversella — nel 1902 dette, con i suoi esperimenti, un essenziale contributo al procedimento della flottazione.

Sono inoltre da segnalare diverse nuove tendenze, sviluppatesi in questi ultimi anni, quali la cernita automatica realizzata elettronicamente in base al colore od alle proprietà radioattive naturali o indotte, la separazione per differenza nelle proprietà termiche o meccaniche, nonchè svariati trattamenti di tipo puramente chimico, resi necessari dalle caratteristiche di taluni grezzi. A quest'ultimo riguardo numerose sono le industrie estrattive già attrezzate con impianti di lisciviazione, di scambio ionico, ecc., operanti direttamente sul grezzo: attraverso la preparazione dei minerali viene cioè a crearsi una comunicazione tra la tecnologia mineraria e la tecnologia chimica.

In un certo senso è un ritorno all'antico: miniera e stabilimento metallurgico erano intimamente legati tra loro nel medio evo, e fu solo dopo la « rivoluzione industriale » che le miniere divennero fornitrici di « minerale » anzichè di « metallo ».

Ricorderemo infine che non solo tra la tecnologia mineraria e la tecnologia chimica si vanno instaurando sempre più stretti legami, ma anche — e la cosa appare ben più stupefacente — tra tecnologia mineraria e biologia: l'impiego dei bacteri per il trattamento dei minerali è infatti oggetto di intensi studi. Nè la cosa appare poi tanto fantascientifica se si riflette al ruolo che ebbero — la geologia ce lo insegna — gli organismi nella formazione di molti giacimenti, o se si pensa alle meravigliose capacità degli esseri viventi di fissare nel loro corpo, concentrandoli enormemente, certi oligoelementi presenti nel loro ambiente, nonchè all'uso abituale che facciamo dei fermenti nelle più svariate industrie alimentari e di altro genere (e, di recente, addirittura per produrre sostanze alimentari dal petrolio).

* * *

Considerando ora i problemi dell'abbattimento delle rocce è da sottolineare il contributo della tecnologia metallurgica al generale progresso delle macchine ed in particolare degli utensili di attacco. Questi ultimi rappresentano il punto più delicato della meccanizzazione dell'abbattimento; la loro evoluzione va dalla primitiva « punta » di ferro e dalla « piccarocca » agli attuali fioretti, di acciaio speciale con taglienti di widia, ed ai denti scarificatori.

Sino oltre la metà del secolo scorso ogni foro da mina era eseguito con mazza e fioretto da tre operai con una cadenza media di 80-100 colpi al minuto ed un avanzamento di 30 cm in un'ora di lavoro: sembra che si impiegassero sino a 20 fioretti per ogni foro poco più lungo di un metro. L'uso delle perforatrici, se da un canto migliorò l'organizzazione del lavoro, non diminuì affatto il consumo dei fioretti nè l'impegno di uomini. Ogni tagliente durava qualche minuto prima di dover essere riforgiato: ciò comportava l'entrata in ogni cantiere di centinaia di fioretti ad ogni turno con conseguenze ben immaginabili sull'organizzazione dei trasporti. L'inconveniente, superato in parte con l'adozione della punta staccabile, potè essere praticamente annullato solo con l'uso del tagliente di widia: pochi grammi del nuovo materiale sulla punta dei fioretti liberarono ad un tempo il minatore dalla necessità di portarsi in cantiere una grande scorta di utensili e di cambiarli ogni pochi minuti di lavoro, nonchè la miniera dalla necessità di disporre di un'attrezzata officina per la riforgiatura dei fioretti.

Il widia fu per la prima volta applicato in una miniera tedesca verso il 1928, ma si diffuse nelle altre parti del mondo solo dopo il 1945. Altro rilevante progresso si è avuto nella costruzione dei fioretti cavi di acciaio al nichel-cromo resistenti alle sollecitazioni di fatica ed urto, cosicchè è possibile indicare oggi in diverse centinaia di metri perforati le prestazioni del complesso fioretto-tagliente per la perforazione di una roccia medio-dura.

L'evoluzione dei fioretti è stata specificamente sollecitata dal rapido progresso delle perforatrici meccaniche, per sfruttarne appieno le capacità di lavoro. Queste sono comparse verso la metà del secolo scorso, con lo scopo di concentrare una notevole potenza sul ristretto fronte del foro. Dopo i primi modelli, studiati per azionamento con vapore, i quali non ebbero pratico successo, si giunse alla perforatrice di Germano Sommeiller, impiegata con successo nel traforo del Fréjus, che è stata la prima macchina ad aria compressa.

Le prime perforatrici avevano la caratteristica di far corpo unico della barra di perforazione e del pistone propulsore; seguirono i veri e propri martelli perforatori aventi la massa battente separata dal fioretto, il che permise — riducendo le azioni di inerzia ed aumentando il rapporto potenza/peso — una maggior duttilità di prestazioni. Il nuovo sistema comportò però lo studio di dispositivi per lo spurgo dei detriti dal

foro, realizzato prima ad aria, poi ad acqua. L'adozione, infine, dei servosostegni contribuì a ridurre i tempi morti, rendendo più veloci le operazioni ed a diminuire notevolmente l'impegno fisico degli operai addetti. Si è così passati da velocità di perforazione di meno di 1 metro all'ora raggiungibili con le prime perforatrici (talchè alcuni abilissimi operai pare riuscissero a « battere » in velocità le macchine) ai 100÷120 centimetri al minuto che rappresentano i valori-record raggiunti dagli attuali martelli perforatori.

A fianco della ormai tradizionale metodologia di abbattimento delle rocce con l'esplosivo — che resta praticamente incontrastata nelle miniere metallifere e in genere nelle rocce dure e che richiede l'esecuzione dei fori da mina di cui si è detto — si è venuta sviluppando, per le rocce più tenere (carboni, sali), la tendenza a realizzare l'abbattimento diretto con apposite macchine. Queste — comparse nei primi modelli già sul finire del secolo scorso, ma sviluppatesi prepotentemente solo negli ultimi 20 anni, dopo la diffusione degli utensili a widia e l'esteso impiego nel sotterraneo dell'energia elettrica — sono costruite sul concetto di eseguire, attraverso l'azionamento meccanico di serie di utensili opportuni, o intagli nel massiccio roccioso o l'abbattimento del fronte attraverso azioni di taglio, di scarificazione, di rottura per pressione.

L'impiego razionale di tali macchine è però ovviamente subordinato, oltre che alle limitate caratteristiche di resistenza del carbone, alla regolarità e, generalmente, anche alla suborizzontalità dei giacimenti in cui esso è raccolto, nonchè alla resistenza del tetto ed a una congrua meccanizzazione del cantiere. Esse infatti hanno addotto all'introduzione sia di trasportatori continui di cantiere capaci di asportare le elevate produzioni, che di armature facilmente spostabili per seguire l'avanzamento del fronte. Ma il problema del trasporto di cantiere ha potuto essere risolto soddisfacentemente solo all'inizio della seconda guerra mondiale, con l'introduzione di trasportatori blindati e flessibili; e quella delle armature fu un'evoluzione ancora più recente, attuata successivamente con l'impiego di puntelli telescopici ad attrito, poi di puntelli idraulici, infine di armature semoventi, queste ultime realizzate solo dal 1954 attraverso il raggruppamento di più puntelli idraulici.

Con la costruzione di complessi meccanizzati — composti da macchina per abbattimento integrale, trasportatore continuo ed armature semoventi — oggi però si possono realizzare delle produzioni anche di 300-400 tonnellate all'ora per cantiere (si consideri, per paragone, il valore di una tonnellata al giorno che può fornire il lavoro manuale di un operaio); inoltre, potendo le singole apparecchiature essere telecomandate, il funzionamento del cantiere può essere reso completamente automatico. In tal caso all'uomo può dunque essere affidato soltanto il compito di comandare o controllare le varie operazioni; e ciò restando nel cantiere o, magari, addirittura da giorno, come lo scorso anno è stato realizzato — con l'aggiunta di un circuito chiuso televisivo — nella miniera inglese di Bevercotes.

Per il funzionamento di un cantiere come quello testè descritto possono occorrere da 250 a 300 kW; per corrispondenti cantieri di scavo meccanico di gallerie o tunnel, in rocce anche più dure del carbone, possono essere richiesti sino a 500-600 kW. Potenze maggiori possono d'altra parte essere necessarie per singoli trasportatori del sotterraneo; per cui facilmente la potenza installata in una moderna miniera può raggiungere — solo per il sotterraneo, e senza considerare impianti di eduzione, ventilazione, ecc. — parecchie migliaia di kW.

Ora il problema del soddisfacimento della « fame » di energia in miniera è quanto mai antico: esso è andato sempre più aggravandosi con l'espansione delle singole lavorazioni. Per quanto infatti la macchina a vapore abbia contribuito ad alleviare per circa due secoli il fabbisogno di energia all'esterno e per gli impianti fissi, è solo verso la metà del secolo scorso che un'energia fu introdotta nel sotterraneo, attraversó l'impiego sistematico dell'aria compressa: grazie a questa, distribuita capillarmente sino agli estremi cantieri di coltivazione, per la prima volta dall'antichità l'uomo usufruisce direttamente di un aiuto docile ed atto a moltiplicare le sue capacità.

L'aria compressa ha quindi permesso il nascere della prima meccanizzazione, limitatamente però a perforatrici e macchine di piccola potenza, in quanto con essa difficilmente si può disporre, di più di una ventina di kW per cantiere.

Solo l'elettricità ha potuto risolvere tutti i problemi della miniera per quanto attiene a rifornimento e distribuzione di energia ed in particolare quelli del sotterraneo. L'energia elettrica ha tuttavia stentato ad affermarsi nel sotterraneo a causa sia della già citata inerzia tipica dell'industria estrattiva, sia degli obbiettivi problemi che l'uso di un mezzo — in tanti versi dotato di meravigliosa duttilità di impiego — pone alla sicurezza di coloro che ne vengono a contatto. L'ambiente del sotterraneo infatti, predispone più di ogni altro al pericolo della elettrocuzione, a cui si unisce la possibilità di innescare, in presenza di gas, disastrose esplosioni. Conseguentemente l'ingresso dell'energia elettrica in miniera, benchè iniziato sin dal 1882 con una locomotiva elettrica, ha potuto completarsi soltanto negli ultimi 30 anni, attraverso la fabbricazione di apposite apparecchiature opportunamente protette che ne hanno permesso la sicura distribuzione nel sottosuolo.

Le attuali grandi disponibilità di energia hanno beneficamente influenzato, oltre il sotterraneo, pure le coltivazioni di superficie; anzi, ovunque se ne è presentata la possibilità, la tecnologia moderna ha cercato di realizzare — attraverso lo scoperchiamento delle coperture sterili — la coltivazione a

giorno anche di giacimenti sepolti metalliferi, carboniferi, litoidi.

Non essendovi, in tal caso, vincoli dimensionali nella costruzione delle macchine di abbattimento, si sono già raggiunti dei risultati clamorosi: riferendoci al campo del carbone si può citare l'asportazione di coperture di spessore anche superiore al centinaio di metri per coltivare banchi di potenza inferiore alla decina, con produzioni di minerale utile di oltre 20.000 t/d. Correlativamente agiscono (1966) escavatori a cucchiaia — analoghi agli escavatori usualmente impiegati per lo scavo di fondazioni — alti quanto una casa di 30 piani, dotati di cucchiaia di circa 150 m^3 ed azionati da una serie di motori elettrici per una potenza complessiva di 24.000 kW: essi, con un raggio d'azione di circa 70 metri prelevano il materiale dal fronte e lo depositano posteriormente, a 140 metri di distanza, mentre nello spazio intermedio operano altre macchine più piccole per abbattere il carbone. Ed analogamente dicasi per gli altri tipi di escavatori, a draga, a tazze, ecc. che pure, di anno in anno, vanno aumentando le loro dimensioni e le loro capacità all'insegna del colossale.

* * *

Il vantaggio insito nell'operare, da parte dell'uomo, dall'esterno, si riflette poi in maniera positiva in particolare nel campo della coltivazione degli idrocarburi, estratti da giorno attraverso pozzi trivellati. Il petrolio fu certamente noto sin dalla più remota antichità, raccolto quando esso affiorava da spaccature alla superficie del suolo; ma il primo pozzo, perforato da Edwin L. Drake ad Oil Creek in Pensylvania, risale solo al 1859.

La tecnologia petrolifera si avvalse all'inizio di una tecnica molto più antica, quella dello scavo di pozzi per la ricerca di acqua. Le prime notizie in merito risalgono a più di mille anni fa poichè pare che già allora i cinesi effettuassero lo scavo dei pozzi per mezzo di scalpelli appesi ad una fune lasciati cadere ritmicamente sul fondo del foro. Sistemi del tipo, naturalmente perfezionati, continuarono ad essere impiegati sino all'inizio del nostro secolo, quando furono quasi ovunque sostituiti da un metodo a rotazione appositamente studiato. L'impegno di grandi potenze e di ottimi acciai, l'ausilio di qualche geniale accorgimento, quale l'invio di un getto d'acqua sul fondo del pozzo per pulirlo dai detriti, o, come si fa attualmente, l'impiego di fluidi speciali (i fanghi), che, oltre a compiere lo stesso ufficio dell'acqua aiutano a sostenere le pareti del pozzo, man mano intonacandole, permisero l'incremento delle velocità di perforazione e delle profondità raggiungibili. Si è così passati dalla profondità di circa 2000 metri della fine del secolo scorso ai 2450 metri del 1927 ed ai 7700 metri del 1958! Nè è ormai considerata pura fantasia la prospettiva di raggiungere i 15.000 metri, ma solo questione di tempo. I problemi tecnologici da risolvere sono: la trasmissione sul fondo di una sufficiente potenza, la disponibilità di materiali di alta resistenza alle sollecitazioni meccaniche, la possibilità di conservare il più possibile inalterate, sotto pressioni dell'ordine di 1600 kg/cm^2 e temperature di 470°C, le caratteristiche del fango. Per aumentare la potenza disponibile sul fondo del foro già sono in uso turboperforatrici o elettroperforatori, cioè turbine o motori elettrici calati sul fondo ad azionare direttamente gli scalpelli.

Diversi nuovi sistemi che non utilizzano il tradizionale scalpello quale intermediario per ottenere il lavoro di rottura sul fondo del foro sono d'altra parte oggetto di attento esame: tra i più originali sembra il caso di citare la perforazione a onde d'urto, quella a getto di fluido e quella a dardo di fiamma. Ma anche la corrente elettrica, il plasma, la radiazione laser avanzano la loro candidatura alla successione dei mezzi meccanici di perforazione. Al riguardo, è vero che solo la prima è già comparsa in operazioni industriali mentre gli altri sono ancora confinati in laboratori e negli impianti pilota; ma l'intervallo di tempo che intercorre tra il primo tentativo e la diffusione in campo pratico di una nuova idea si va sempre più riducendo: se passò più di un secolo tra la scoperta della corrente elettrica e la comparsa del motore elettrico, si compì in decenni l'evoluzione del cinematografo e della radio, e solo qualche anno dopo la realizzazione in laboratorio del transistor il mondo fu invaso dalle radio portatili...

Non si può dire con questo che tutte le difficoltà, nel campo della tecnologia petrolifera siano state superate, poichè recentemente se ne sono aggiunte di nuove per lo sfruttamento dei giacimenti di idrocarburi fuori costa già individuati ed in via di coltivazione, giacimenti che rappresentano una nuova fonte di ricchezza per il futuro. Le aree coltivabili fuori costa nel mondo intero erano infatti stimate nell'anno 1966 a quasi 11 milioni di chilometri quadri di cui solo il 5 % già esplorati. Per la perforazione in queste aree talora si può operare ancora da terra (con la perforazione « deviata »); ma più spesso si deve ricorrere all'uso di apposite piattaforme, appoggiate mediante sostegni sul fondo del mare quando la profondità non supera qualche decina di metri o galleggianti per profondità maggiori. In quest'ultimo caso, molte sono le iniziative ed i tentativi intrappresi per superare il problema principale, che è quello del mantenimento in posizione fissa delle piattaforme di perforazione; l'elettronica sembra attualmente aver dato un sostanziale contributo consentendo il controllo automatico dei motori di posizionamento delle piattaforme galleggianti. Nel frattempo però nuovi progetti prevedono già di evitare tutti gli inconvenienti dovuti al moto ondoso attraverso la predisposizione di cantieri sommersi direttamente appoggiati ed operanti sul fondo marino.

* * *

Quanto sin qui esposto rappresenta pur sempre un quadro —

anche se forse non esauriente e completo — dei principali aspetti dell'industria estrattiva e delle relative conquiste, raggiunte grazie all'odierno progresso tecnologico. A questo punto appare quindi opportuno cercare di trarre qualche deduzione di carattere generale, individuando anzitutto le tendenze attuali dell'industria estrattiva e successivamente considerando i possibili traguardi che si pongono a più lunga scadenza.

Poichè l'esigenza generale dell'industria permane ovviamente, in ogni campo, quella di « produrre di più a costi minori », le direttive che ne conseguono comporteranno anzitutto ancora aumenti delle dimensioni aziendali, una vieppiù intensa meccanizzazione e la più estesa automatizzazione. In tale prospettiva, nel campo minerario tradizionale si svilupperanno sempre più le coltivazioni a giorno di giacimenti anche relativamente poveri con l'impiego di macchine probabilmente di dimensioni anche maggiori delle attuali. Ciò è auspicabile, oltre che per considerazioni di carattere puramente economico, anche per i minori pericoli e per le migliori condizioni ambientali che ne potranno derivare per l'uomo. Correlativamente, per ciò che riguarda il sotterraneo, la meccanizzazione — pur non potendo compiersi all'insegna del colossale così come a giorno — dovrà essere incrementata, aumentando altresì le dimensioni delle macchine ai massimi valori consentiti dallo scavo. D'altra parte non va dimenticato qui che le maggiori velocità di avanzamento, ottenibili con la meccanizzazione, contribuiranno a consentire l'ampliamento dei cantieri pur con un miglioramento della sicurezza connesso alla temporanea maggior stabilità delle rocce sovrastanti. Sarà poi certamente importante il poter impiegare in qualsiasi tipo di miniera, analogamente a quanto già usuale in quelle di carbone o di sali, non già degli attrezzi che semplicemente potenzino il braccio del minatore, ma delle macchine a lui completamente asservite, atte a ricevere ed eseguire i suoi ordini. In tale campo in particolare è da prevedere che aumenteranno sempre più gli sforzi per giungere, soprattutto attraverso il miglioramento tecnologico degli utensili, alla realizzazione di macchine per l'abbattimento integrale di fronti di avanzamento in rocce via via più dure.

Le odierne tendenze nei criteri di coltivazione stanno adducendo anche ad una certa trasformazione dei concetti tradizionali di valutazione di un giacimento. Su tutti i fattori caratteristici assume infatti importanza preminente la cubatura; mentre pure l'omogeneità, la regolarità della morfologia generale, in breve le caratteristiche influenzanti la possibilità di lavorare in grande scala, sono parametri che stanno assumendo rilievo determinante nei confronti anche dei tenori e della purezza del minerale.

Nello sviluppo ulteriore delle coltivazioni, specie in relazione ai prevedibili aumenti di produttività, occorrerà però porre la massima attenzione a tutti i problemi che concernono la sicurezza dell'individuo e l'interesse della collettività.

L'introduzione stessa delle macchine ha infatti portato in tutte le attività ad un incremento nella frequenza degli infortuni direttamente connessi, fortunatamente compensato, nel caso delle miniere, da una corrispondente diminuzione degli incidenti tipici legati a crolli e franamenti. Ma è in ogni caso ancora sempre necessario seguire con la massima attenzione tutti gli sforzi che possono puntare verso l'eliminazione del disagio e del pericolo; giacchè questa, purchè seguita in tutti i dettagli, è una via relativamente facile, il cui tracciato è già in parte segnato da realizzazioni antiche (la lampada di sicurezza, l'elmetto, il grisumetro, gli indumenti protettivi, ecc.) o recenti (condizionamento dell'aria, e tutti i moderni dispositivi di soccorso, che vanno dagli autoprotettori e dalle tute incombustibili alle speciali sonde per il salvataggio di minatori bloccati). Con ciò, purtroppo, si è però ben lungi dall'aver reso il lavoro sotterraneo salubre e sicuro come quello dei campi, e, cosa forse più grave, si è ben lungi dall'aver instaurato uno stesso livello di sicurezza e di conforto in tutte le miniere; ma per fortuna la ricerca in questo campo è particolarmente attiva ed un progresso costante — seppure non contrassegnato da realizzazioni spettacolari — è in atto. I grandi temi classici della ricerca sono, oltre a quelli della protezione dalle macchine, ancora quelli della lotta contro il grisù, le esplosioni di polveri, i gas venefici, le pneumoconiosi: a ciascuno di questi anche le Nazioni per la cui economia l'industria mineraria ha un peso modesto, come l'Italia, dedicano una non indifferente mole di energie intellettuali ed una sperimentazione continua. Ma pure temi nuovi vengono affrontati, come quello della previsione degli scoppi di roccia (colpi di tensione), fino a ieri considerati come una calamità naturale imprevedibile, o del controllo del rischio delle radiazioni nelle miniere di minerali radioattivi, un nuovo venuto tra i nemici dei minatori.

Nei riguardi della collettività l'aumento vertiginoso della produzione può invece creare problemi e pericoli cui l'uomo comune — e, purtroppo, talvolta anche il tecnico — non sempre dedicano sufficiente attenzione. Modifiche della morfologia del suolo, e, quel che è peggio, della idrologia superficiale e sotterranea, conseguenti a sprofondamenti localizzati o ad abbassamenti progressivi, talora anche su estensioni di decine o centinaia di chilometri, sono stati non infrequentemente causati dalle attività minerarie sotterranee, quali quelle volte alla coltivazione di minerali solidi — in ispecie il carbone — ed ancor più spesso dalle attività di estrazione degli idrocarburi. Tutti i problemi connessi ai fatti summenzionati non dovranno essere più trascurati. E analogamente dovrà essere per i problemi non meno gravi che sorgono dalla necessità di trovare razionali e stabili sistemazioni alle enormi quantità di materiale di scarto (roccia sterile, scorie, residui di trattamenti) che l'industria mineraria produce; tenendo presente nel contempo gli aspetti tecnici, economici e giuridici quanto mai complessi dagli stessi presentati e che sono tipici di ogni attività umana che progredisce con rapidità maggiore delle norme che dovrebbero disciplinarla.

Il successivo esame dei traguardi futuri dell'industria estrattiva legati a nuovi sviluppi tecnici ci porta a considerare anzitutto il problema delle miniere profonde. A fronte della tendenza conclamata, e generalmente riconosciuta, verso uno sviluppo sempre maggiore delle coltivazioni a giorno, talora si presenta infatti la necessità di provvedere a coltivazioni anche molto profonde per la produzione di materiali particolarmente pregiati. L'attuale record di profondità, raggiunto da talune miniere aurifere ed uranifere sud-africane, ha appena passato i 4000 metri, ma i futuri progetti concernono lavori a profondità già di 5000 metri. Anche se questi valori possono apparire modesti a confronto delle profondità segnalate per la perforazione petrolifera, corre qui l'obbligo di avvertire che concernendo scavi di grosse dimensioni con diretto accesso dell'uomo si tratta indubbiamente di profondità notevolissime, comportanti un lavoro « eroico », svolto al limite delle possibilità tecniche.

Per chiarire, segnaliamo che in tali casi le pressioni sulla roccia nei cantieri raggiungono facilmente valori dell'ordine del carico di rottura, per cui sono allo studio, addirittura, delle coltivazioni per « autoabbattimento », mentre la temperatura della roccia (70 ÷ 80 °C) non solo impone l'installazione di impianti di condizionamento, ma richiede la preventiva acclimatazione degli operai e limita fortemente nel contempo la produttività di ogni cantiere.

Progetti altrettanto ambiziosi come quelli delle miniere ultraprofonde puntano alla coltivazione sotterranea dei giacimenti di minerali solidi senza accesso dell'uomo ai cantieri, mediante due vie.

Un primo modo di affrontare il problema si prospetta per bacini carboniferi regolari e non ancora disturbati da precedenti coltivazioni, come naturale generalizzazione degli attuali più avanzati metodi di coltivazione sotterranea: seguire i sistemi tradizionali, affidando però le varie operazioni a macchine che non richiedano la presenza sul posto di operatori per il loro corretto funzionamento (ovviamente a prescindere dal periodo iniziale di approntamento). Per raggiungere tale obbiettivo è naturalmente richiesta l'applicazione estensiva ed integrale a tutto il sotterraneo dell'automazione (introduzione di sistemi di macchine, aventi capacità di autocontrollo), del telecomando e del telecontrollo.

Un'altra possibilità di coltivazione senza accesso dell'uomo sotto il suolo è di fluidificare con particolari accorgimenti le sostanze che si desidera produrre, estraendole dal terreno per mezzo di pozzi trivellati, ossia con lavoro umano eseguito esclusivamente in superficie. Si tratta di nuove applicazioni di un sistema in certi casi già attuato sin da tempi remoti — come ad esempio per la coltivazione di taluni giacimenti di salgemma mediante dissoluzione — il quale ha già portato a realizzazioni pratiche importanti fin dalla fine del secolo scorso (il metodo Frash di coltivazione dello zolfo per fusione in sito).

Al riguardo si è però ancora lontani dall'avere esaurito tutte le possibilità insite nel principio: ad esempio, se ne stanno attivamente sperimentando le applicazioni alla coltivazione del carbone mediante gassificazione sotterranea (ottenimento di gas povero o gas d'acqua per parziale combustione controllata del carbone in sito), alla coltivazione di minerali metalliferi (ad esempio cupriferi) per lisciviazione ed anche alla coltivazione, con processi di fluidificazione in sito, degli idrocarburi solidi contenuti negli scisti bituminosi di cui si hanno disponibilità enormi in Canadà, negli Stati Uniti e nel Brasile, ma che ancora non hanno potuto essere economicamente sfruttati. Per gli ultimi di questi particolari sistemi di coltivazione, che richiedono nel giacimento un intenso stato di fratturazione, è previsto l'impiego di esplosioni nucleari sotterranee per preparare il giacimento stesso alla coltivazione. Se questo avverrà, la tecnologia mineraria potrà avere il vanto di essere la prima ad impiegare per scopi pacifici, a tre secoli di distanza dall'introduzione della polvere nera, un altro mezzo, ben più terribile stavolta, quale l'esplosivo nucleare, nato e sino ad ora usato per scopi puramente bellici.

La già menzionata « fame » di nuovi giacimenti e le preoccupazioni sulla consistenza delle riserve di materie prime essenziali tendono poi a far estendere le ricerche anche ad un'area che prima era stata del tutto trascurata, nonostante la sua immensa estensione: la parte sommersa del globo.

I risultati pratici sono già notevoli: oltre alle citate coltivazioni « fuori costa » di giacimenti di idrocarburi, basti infatti accennare al dragaggio in grande stile delle ricche alluvioni diamantifere sommerse lungo le coste sud-africane o dei giacimenti stanniferi sottomarini al largo dell'Indonesia. Ma i prevedibili risultati futuri sono addirittura incredibili: giacchè, quando la tecnica del dragaggio ci avrà messo in grado di trarre alla superficie i sedimenti depositatisi su fondali di qualche centinaio di metri (traguardo che le esperienze attuali indicano come non lontano), il fondo marino di alcune parti della cosiddetta piattaforma continentale potrà da solo sopperire al fabbisogno di fosfati dell'umanità per molti secoli; e quando (traguardo più remoto ma certamente raggiungibile) anche fondali di migliaia di metri saranno messi alla portata non solo dello scandaglio o del batiscafo ma anche della draga, riserve veramente inesauri-

bili (perchè continuamente ricostituite da fenomeni naturali di precipitazione chimica) di minerali di manganese, nichel e di altri metalli pregiati in forma di concrezioni nodulari o di fanghi (sembra facilmente arricchibili), saranno messe a disposizione delle nostre industrie.

D'altra parte, non solo ciò che giace sul fondo marino, ma anche ciò che si trova al di sotto di esso è sempre più attivamente oggetto di attività estrattive, ed anche in questo campo le prospettive sono estremamente interessanti; oltre agli idrocarburi, esistono già coltivazioni di giacimenti di zolfo (col metodo Frash) e di strati di carbone che rappresentano la prosecuzione sottomarina di giacimenti già sfruttati nell'entroterra. Si tratta in questo caso di coltivazioni che hanno « inseguito » sotto il mare il giacimento, fino a vari chilometri dalla linea di costa. Ma nulla ci impone di limitarci a questo, e già sono allo studio coltivazioni (per lo più con metodi non richiedenti l'accesso dell'uomo, benchè anche soluzioni comportanti il lavoro umano in artificiali città sottomarine siano prese in considerazione) di giacimenti che si sviluppano interamente sotto il mare, lontano dalla costa.

Il mare stesso è un immenso giacimento, e la grande sorella dell'industria mineraria, l'industria chimica, si sta già occupando di trarne una ben maggior varietà di prodotti utili che non l'umile (ed indispensabile) sale da cucina che da millenni ci fornisce. Tutte queste sono prospettive grandiose che recenti ricerche hanno aperto all'industria.

Per completare questa panoramica sui futuri campi di possibili operazioni per l'industria estrattiva non vanno però dimenticate quelle tecniche di prospezione che ci mettono in grado di « vedere » i giacimenti sepolti o sommersi, senza doverli raggiungere materialmente con lavori di scavo o di sonda. Sono queste essenzialmente le tecniche geofisiche, lo sviluppo delle quali, fino all'attuale perfezione, si è compiuto (salvo che per la prospezione magnetica, già attuata in modo rudimentale prima dell'Ottocento) nel corso degli ultimi cento anni e rappresenta un esempio notevole di apporto della scienza pura alla risoluzione di problemi pratici. Fatti e fenomeni della fisica che molte persone anche di cultura superiore sono avvezze a considerare quali « notizie curiose » (il fatto che il peso di un corpo vari leggermente da un punto all'altro della superficie terrestre, che il suono si propaghi con diversa velocità nei diversi materiali, che certi minerali conducano la corrente meglio di altri, ecc.), fatti che paiono riportati sui libri di fisica più che altro per colpire l'immaginazione degli studenti, sono lo strumento corrente di cui ci si serve per esplorare il sottosuolo.

Siamo avvezzi a considerare la tecnica mineraria come il trionfo delle macchine rozze e potenti, che attaccano la roccia e la rompono; il trionfo delle fragorose perforatrici e degli esplosivi. Ma quest'altro aspetto ci colpisce forse di più, chè spesso tutto questo fervore di attività e di mezzi possenti sono stati chiamati in quel luogo dall'impercettibile eco di un suono rimbalzato su uno strato sotterraneo, dall'infinitesimo allungamento dell'esile molla di un gravimetro, dal ticchettio di un contatore di radiazioni.

* * *

Nell'esame del progresso tecnologico dell'industria estrattiva non può infine mancare — per conchiudere — qualche parola esclusivamente riservata all'aspetto umano del lavoro in miniera.

Ricordiamo che, data la continua lotta che qui l'uomo deve sostenere contro le forze della natura e contro i pericoli derivanti, al minatore si richiedono qualità morali, quali spirito di sacrificio, pazienza e coraggio; qualità intellettuali, quali riflessione e prontezza di decisione; ed inoltre qualità fisiche, in particolare di resistenza alla fatica ed ai disagi del lavoro nel sottosuolo.

Naturalmente le condizioni di vita del minatore sono andate via via evolvendosi nel tempo. Egli, da puro prestatore di opera fisica si è trasformato in un operaio qualificato o specializzato, spesso con funzione di conduttore di macchine. Molte delle doti a lui richieste non sono però diverse da quelle di un tempo: il suo lavoro infatti è ancora sempre duro, in dipendenza del fatto che si svolge in condizioni innaturali, nelle quali — anche trascurando il rischio di incidenti — sono tuttora elementi caratteristici l'oscurità del posto di lavoro, la limitazione dello spazio e l'ambiente climatico generalmente non sano. Tentativi di soluzioni a questi problemi possono intravvedersi negli sforzi di portare miglioramenti al « microclima » del sotterraneo, nei passi compiuti nell'antinfortunistica, nella progressiva liberazione dal peso della fatica fisica. A questo proposito occorre ricordare quanto sia importante la formazione professionale del minatore allo scopo e di una maggior razionalizzazione e di una maggior sicurezza del lavoro.

Tutto ciò richiede altresì una certa rivalutazione del lavoro dell'industria estrattiva, non tanto nell'opinione comune quanto nell'ordine generale della società e nell'ordine economico. Ora si è detto che il prezzo delle materie prime è divenuto una frazione esigua dell'intero costo del manufatto. Tale fatto dovrebbe perciò essere oggetto di attento esame per evitare remore ad uno sviluppo adeguato dell'intera industria estrattiva, soprattutto in rapporto al lavoro ed alla remunerazione del lavoratore di miniera, ma anche con riferimento allo sviluppo di tutte quelle strutture atte ad assicurare a coloro che agiscono a contatto del mondo minerario sempre maggiore liberazione dai gravi vincoli che per secoli hanno ostacolato e talvolta frenato il progresso del settore.

Lelio Stragiotti

Sul calcolo viscoelastico delle pavimentazioni in calcestruzzo precompresso

MARIO ALBERTO CHIORINO applica al calcolo delle pavimentazioni in calcestruzzo precompresso del tipo a sforzo variabile, impiegate in campo stradale e aeroportuale, i risultati di un metodo generale di calcolo degli stati di coazione nei solidi in conglomerato cementizio messo a punto in alcuni precedenti lavori. In un primo tempo prescinde dagli effetti dell'attrito tra le lastre e la fondazione. In particolare si sofferma sul problema delle pavimentazioni dotate di spalle o giunti elastici, per le quali deduce dalla teoria generale di cui trattasi la legge di variazione delle tensioni dovute alle distorsioni termiche a ciclo annuale. Nella seconda parte del lavoro presenta un primo contributo per la trattazione analitica degli effetti dell'attrito in campo viscoelastico.

1. Introduzione.

I procedimenti di analisi degli sforzi nelle strutture in conglomerato cementizio, inizialmente basati sulla ipotesi di una perfetta elasticità del materiale, sono andati successivamente sviluppandosi con lo studio dei fenomeni di plasticità e di viscosità del materiale.

Lo studio del comportamento plastico del conglomerato interessa ai fini della valutazione della sicurezza delle strutture rispetto allo « stato limite » di rottura (ultimate bearing load); l'esame del suo comportamento viscoelastico consente invece di seguire l'evoluzione nel tempo dello stato di tensione e di deformazione « in servizio », ossia in una condizione nella quale il livello degli sforzi non è in genere tale da mettere in atto deformazioni plastiche sensibili.

La presente memoria si occupa dei metodi analitici per il calcolo in fase di servizio delle tensioni permanenti [1] nelle pavimentazioni in calcestruzzo precompresso impiegate in campo stradale e aeroportuale.

Oltre che dai fenomeni reologici, il regime delle tensioni permanenti è condizionato dalla presenza dell'attrito fra la lastra in calcestruzzo e la sua fondazione.

Nell'ambito del presente lavoro facciamo dunque seguire a un completamento della teoria sugli stati di tensione in campo viscoelastico, e in assenza di attrito, nei solidi in conglomerato cementizio posti in stato di coazione, un primo contributo per lo studio analitico degli effetti dell'attrito in campo viscoelastico [2].

La ricerca svolta nel seguito si limita a considerare le pavimentazioni precompresse a « sforzo variabile » [3] il cui regime delle tensioni permanenti è influenzato dai fenomeni viscosi e termoigrometrici in misura assai più rilevante di quanto non avvenga per le pavimentazioni del tipo a « sforzo costante ».

Ciò è dovuto in primo luogo al fatto che il livello di precompressione è ottenuto mediante il dispendio di una limitata quantità di energia potenziale elastica (assai minore in genere di quella introdotta attraverso la pretensione dell'armatura nelle pavimentazioni a « sforzo costante »). In secondo luogo al fatto che l'assenza dei giunti, o la loro limitata escursione, impedisce il libero dilatarsi della pavimentazione sotto le azioni termoigrometriche.

2. Il calcolo viscoelastico in assenza di attrito.

In questa prima fase dello studio non teniamo conto della presenza dell'attrito; vedremo al paragrafo 3 come può essere impostato il calcolo degli effetti dell'attrito tenendo conto delle proprietà viscoelastiche del calcestruzzo.

Le variazioni termiche e i fenomeni reologici influenzano contemporaneamente il regime delle tensioni delle pavimentazioni precompresse « a sforzo variabile ». Nella pratica i problemi fondamentali che interessano il calcolatore sono i seguenti:

a) rilassamento viscoso della coazione imposta;

b) effetto del ritiro;

c) influenza delle variazioni termiche stagionali (variazione della temperatura media della lastra);

d) influenza delle variazioni termiche diurne.

---

[1] Indichiamo come tensioni permanenti quelle che non sono dovute al traffico veicolare o a stati di coazione di breve durata o elevata frequenza.

[2] Si veda in merito il rapporto della Commissione « Routes en Béton » dell'Associazione Internazionale Permanente dei Congressi della Strada al Congresso Mondiale di Tokio 1967. Tale rapporto indica come temi fondamentali di ricerca per le pavimentazioni precompresse i seguenti:

a) scorrimento delle lastre sulle loro fondazioni;

b) variazione della precompressione sotto le azioni igrotermiche e i fenomeni reologici.

[3] Distinguiamo qui i seguenti tipi di pavimentazioni precompresse:

a) « a deformazione costante »: si tratta delle pavimentazioni poste in stato di coazione attraverso l'imposizione di una deformazione (forzamento dei giunti attivi mediante martinetti piatti di minima deformabilità) e contrasto su spalle fisse.

In base al teorema di isoformismo per i solidi viscoelastici omogenei lo stato di tensione dovuto alla imposizione della deformazione (stato di coazione) si modifica restando simile a se stesso, mentre lo stato di deformazione resta immutato;

b) « a sforzo e deformazione variabili »: si tratta delle pavimentazioni dotate di vincoli terminali aventi una deformabilità puramente elastica (giunti o spalle elastici). A causa della eterogeneità introdotta da tali vincoli, non vale più il teorema dell'isoformismo: ne deriva che sia lo stato di tensione che lo stato di deformazione, dovuti alla imposizione della deformazione (forzamento dei giunti attivi), variano nel tempo.

Se gli elementi elastici sono posti a considerevole distanza (pavimentazioni dotate di sole spalle elastiche), l'attrito tra la pavimentazione e lo strato di fondazione è in grado di impedire qualsiasi deformazione del tratto centrale compreso fra due punti equidistanti dalle spalle. In tale tratto la pavimentazione si comporta come nel caso *a*);

c) « a sforzo costante e deformazione variabile »: si tratta delle pavimentazioni dotate di un'armatura di precompressione. Le deformazioni viscose influenzano in misura limitata il livello di sforzo stante la elevata energia potenziale elastica introdotta mediante la tensione dell'armatura.

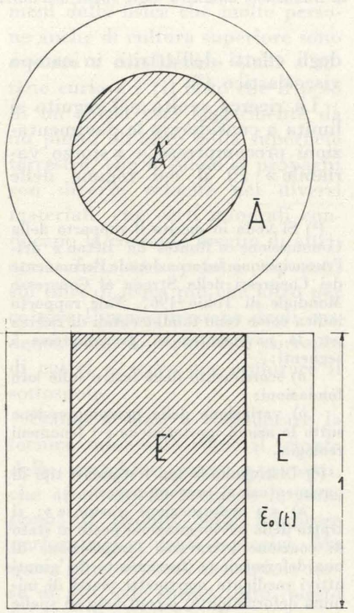
Limiteremo il nostro esame ai problemi *a* e *c* ([4]). L'effetto delle variazioni termiche diurne (problema *d*) può essere immediatamente valutato in campo elastico ([5]). Per quanto concerne l'effetto del ritiro (problema *b*) rimandiamo ad altri lavori sull'argomento ([6]).

2.1. La schematizzazione analitica.

Lo studio dell'influenza della viscosità e delle variazioni termiche sulla evoluzione delle tensioni viene affrontato nel seguito impiegando un tipo di trattazione analitica del comportamento viscoelastico del conglomerato che dà luogo, come abbiamo dimostrato in alcuni precedenti lavori ([7]), a soluzioni ragionevolmente in accordo con l'esperienza in molti problemi pratici.

La scelta della legge sforzi-deformazioni che sta alla base della schematizzazione analitica di cui trattasi, discende dalla analisi delle nozioni teoriche disponibili in materia di viscoelasticità del calcestruzzo.

Allo stato attuale si riscontrano in questo campo due scuole distinte: l'una si occupa essenzialmente dei fattori fisico-chimici della reologia del calcestruzzo, l'altra ricerca una schematizzazione analitica del fenomeno facendo ricorso alla combinazione di elementi meccanici ideali (molle, ammortizzatori, ecc.).



$A' + \bar{A} = 1$

$A = \bar{A} + \dfrac{E'A'}{E}$

$Ea = E'A' + E\bar{A}$

Fig. 1 - Modello reologico schematico a fibra eterogenea parallela.

Nè l'uno nè l'altro di questi due atteggiamenti può considerarsi completamente soddisfacente e si avverte certamente la mancanza di uno sforzo per armonizzare i progressi compiuti da entrambe le parti.

Una soluzione più logica sembra essere pertanto quella di adottare, sulla base di un attento esame del fenomeno sperimentale, una ragionevole schematizzazione meccanica in grado di tenere conto dei molteplici aspetti del fenomeno stesso, pur restando nell'ambito di una formulazione analitica non eccessivamente complessa. Tale schematizzazione non può trascurare soprattutto di considerare la influenza della elasticità differita del materiale, la cui esistenza è un dato di fatto sperimentale spesso ignorato ([8]).

Una volta definito lo strumento analitico adeguato, e una volta controllata la sua rispondenza qualitativa in alcuni dei più tipici problemi di viscoelasticità, occorre passare a precisare i valori numerici dei parametri che caratterizzano le equazioni fondamentali. A tale scopo deve essere compiuto un accurato lavoro di confronto fra le soluzioni teoriche relative ai suddetti problemi e i risultati sperimentali corrispondenti.

2.2. L'equazione reologica fondamentale.

La schematizzazione analitica di cui trattasi nella presente memoria risponde in modo soddisfacente ai criteri elencati in precedenza.

Essa si basa sulla ipotesi che il comportamento viscoelastico del calcestruzzo possa essere paragonato a quello di una fibra elementare ideale costituita dalla unione in parallelo di una frazione elastica e di una frazione viscoelastica dotata di fluage lineare rispetto alle tensioni e smorzato nel tempo (fig. 1).

La legge sforzi-deformazioni che si deduce dal modello di fig. 1 è dunque la seguente:

$$\frac{d\bar{\varepsilon}}{dt} + R\bar{\varepsilon}\,\frac{d\bar{\varepsilon}_0}{dt} - QS\,\frac{d\bar{\varepsilon}_0}{dt} = 0 \quad (1)$$

dove si è posto:

$\bar{\varepsilon}(t)$: deformazione di fluage della fibra eterogenea presa nel suo insieme dovuta alla tensione S;

$\bar{\varepsilon}_0(t)$: fluage specifico della frazione viscoelastica della fibra;

R, Q: costanti legate ai parametri della fibra elementare ([9]).

([4]) Naturalmente i problemi *a* e *c* danno luogo ad una diversa soluzione a seconda che si esamini il caso delle pavimentazioni precompresse entro spalle rigide (sistemi a sforzo variabile e deformazione costante) e delle pavimentazioni dotate di giunti elastici (sistemi a sforzo e deformazione variabili).

([5]) Le variazioni termiche diurne non mettono in gioco alcun fenomeno viscoso data la brevità del periodo di oscillazione. Esse si limitano a modulare elasticamente l'onda di tensione dovuta alla variazione ciclica annua.

([6]) C. Castiglia. *Il fenomeno del ritiro nei solidi eterogenei e la variazione del regime statico.* Acc. delle Scienze di Palermo, Vol. VIII, Anno 47-48.

M. A. Chiorino. *Influence de l'élasticité différée sur le régime des contraintes des constructions en béton.* Cahiers de la Recherche. Eyrolles, Parigi 1967.

([7]) M. A. Chiorino. *The effect of the elastic modulus of the aggregate on the elastic modulus, creep and creep recovery of concrete.* Magazine of Concrete Research, Vol. 17, N. 52 - Londra, Settembre 1965.

M. A. Chiorino. *Formulazione teorica di un duale del principio di Mc Henry per il conglomerato cementizio.* Acc. Nazionale dei Lincei, fasc. 5, serie VII, Vol. XXXVIII - Roma, Maggio 1965.

M. A. Chiorino, *Influence de l'élasticité différée*, etc. Op. citata.

([8]) Si vedano in « M. A. Chiorino, *L'influence de l'élasticité différée* etc. Op. citata » le osservazioni relative alla impostazione proposta da Aroutiounian (N. K. Aroutiounian, *Application de la théorie du fluage*, Eyrolles, Parigi 1957), il quale tiene conto parzialmente degli effetti della elasticità differita del calcestruzzo.

([9]) $R = E\,(1 - \dfrac{\bar{A}}{A})$

$Q = \dfrac{E\bar{A}}{Ea\,A}$

La determinazione dei valori numerici dei parametri della (1) (e di conseguenza dei parametri della fibra elementare che sono legati a quelli della equazione) si urta contro alcune difficoltà. Attraverso opportuni accorgimenti ([10]) è tuttavia possibile proporre una certa gamma di parametri i quali, una volta introdotti nella (1) (o nelle soluzioni che da essa derivano), consentono di raggiungere delle concordanze discrete con l'esperienza.

2.3. Soluzione di alcuni problemi fondamentali in campo viscoelastico per le pavimentazioni precompresse del tipo a sforzo variabile.

Nel seguito diamo le soluzioni analitiche in campo viscoelastico per i problemi *a* e *c* elencati in precedenza.

Dato che in questa prima fase non teniamo conto della presenza delle azioni di attrito, la tensione è la stessa su ogni sezione trasversale considerata. La sola incognita del problema è la funzione $S(t)$, che rappresenta l'andamento nel tempo della tensione in ogni punto della lastra precompressa ([11]).

2.3.1. *Sistemi a sforzo variabile e deformazione costante (pavimentazioni precompresse mediante martinetti piatti entro spalle rigide).*

1) Effetto di una deformazione impressa di ampiezza costante.

L'applicazione della (1) dà luogo attraverso facili passaggi alla formula (2) riportata in tabella.

La fig. 2 riporta l'andamento della curva di rilassamento della tensione di precompressione ([12]) in una pavimentazione costruita con un calcestruzzo avente le seguenti caratteristiche:

$$E_a = 215.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\varepsilon}_{0\infty}\ ([13]) = 7{,}35 \cdot 10^{-6} \text{ 1/kg/cm}^2$$

$$\varphi_N = \bar{\varepsilon}_{0\infty} \cdot E_a = 1{,}58.$$

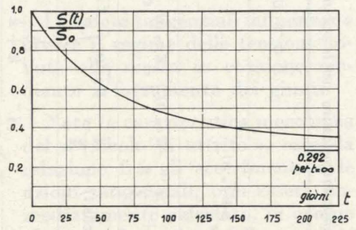


Fig. 2 - Rilassamento delle tensioni di precompressione in una pavimentazione in calcestruzzo precompresso del tipo a deformazione costante.

2) Effetto di una variazione termica a ciclo annuale di tipo sinusoidale.

A seconda che il bloccaggio della struttura entro le spalle rigide avvenga in epoca di temperatura pari alla media annua (primavera o autunno) o di temperatura pari ai valori annui estremi (inverno o estate) si hanno per le tensioni dovute alla dilatazione termica impedita le soluzioni riportate in tabella [formule (3) e (4)].

Se per il fluage specifico $\bar{\varepsilon}_0(t)$ della frazione viscoelastica della fibra viscoelastica si adotta una forma del tipo esponenziale, e si suppone di avere un calcestruzzo avente le stesse caratteristiche viscoelastiche di quello considerato in precedenza, l'andamento delle tensioni per tempi sufficientemente lontani dall'origine (per i quali si può ammettere che il fluage $\bar{\varepsilon}_0(t)$ abbia raggiunto il suo valore asintotico) è rappresentato in fig. 3 e raffrontato con l'andamento che si avrebbe risolvendo il problema in campo elastico [per una coazione termica del tipo $\bar{\varepsilon} = \lambda T_0\ (1 - \cos t)$].

Le tensioni oscillano esattamente allo stesso modo delle tensioni elastiche; la soluzione viscoelastica differisce dalla soluzione elastica unicamente per una traslazione di asse di ampiezza « *a* ».

2.3.2. *Sistemi a sforzo e deformazione variabile (pavimentazioni dotate di giunti o spalle elastici).*

Siano k e h le deformabilità elastiche in senso assiale rispettivamente del giunto (o della spalla) e della pavimentazione ([14]).

Evidentemente tanto maggiore è la deformabilità dell'elemento elastico posto in serie con la pavimentazione, tanto più il sistema si viene a trovare prossimo a delle condizioni di costanza dello sforzo sulle facce terminali. Al limite, per deformabilità infinita dell'elemento elastico in serie, nè le distorsioni viscoelastiche, nè quelle di origine termica producono alcuna alterazione dello stato di tensione.

([10]) Si veda in merito la memoria: M. A. Chiorino, *L'influence de l'élasticité différée* etc. Op. citata. Un'ulteriore indagine sul valore dei parametri, accompagnata da un adeguato programma sperimentale, si impone al fine di potere impiegare il metodo qui proposto al calcolo della influenza dei fenomeni reologici nelle pavimentazioni precompresse. I dati sulla reologia dei calcestruzzi impiegati nelle pavimentazioni stradali e aeroportuali precompresse sono infatti assai limitati nella letteratura scientifica, a causa del limitato impiego che sinora si è fatto di tale tipo di pavimentazioni. I valori numerici dei parametri che abbiamo proposto per l'equazione fondamentale sono stati dedotti dai dati sperimentali ricavati da calcestruzzi impiegati per lo più per strutture ed opere d'arte. Le relative esperienze di laboratorio e determinazioni in situ sono state compiute pertanto in condizioni termoigrometriche ambientali in genere sensibilmente diverse da quelle alle quali sono soggetti i calcestruzzi impiegati nelle pavimentazioni stradali.

([11]) Le soluzioni riportate nel seguito sono valide nella ipotesi che lo stato di coazione sia introdotto alla origine dei tempi del fenomeno viscoso. Per le soluzioni relative al caso in cui l'introduzione dello stato di coazione avvenga a un tempo successivo alla origine dei tempi si veda la memoria: M. A. Chiorino, *Fenomeni reologici e variazioni termiche nelle sovrastrutture stradali in calcestruzzo precompresso.* Giornale del Genio Civile - Roma, Febbraio 1967.

([12]) Si è assunta per il fluage specifico $\bar{\varepsilon}_0(t)$ della frazione viscoelastica della fibra una forma del tipo $\bar{\varepsilon}_0 = (1 - e^{-\theta t})$.

([13]) Deformazione specifica finale ($t = \infty$) di fluage del calcestruzzo per messa in carico alla origine dei tempi.

([14]) Siano per la pavimentazione A_c l'area della sua sezione trasversale corrente, L la lunghezza compresa tra due giunti elastici (o due spalle elastiche), A_f l'area della sezione trasversale dell'elemento elastico (in genere cavi di acciaio armonico), l la lunghezza di detto elemento, E_f il suo modulo; si ha allora:

$$h = \frac{L}{2\,A_c\,E_c}$$

$$k = \frac{l}{A_f\,E_f}$$

In tabella sono riportate le soluzioni relative ai 2 problemi:

1) rilassamento delle tensioni;

2) effetto di una variazione termica a ciclo annuale di tipo sinusoidale ([15]).

La fig. 4 riporta l'andamento del rapporto $\frac{S_\infty}{S_0}$ [rilassamento a tempo infinito della tensione S_0 di precompressione - formula (5)] in funzione del rapporto fra la deformabilità elastica dell'elemento, in serie (spalla o giunto) e quella della pavimentazione, e in funzione dell'entità della deformazione finale di fluage (o meglio del suo rapporto φ_N rispetto alla corrispondente deformazione elastica).

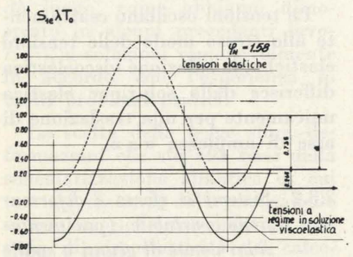


Fig. 3 - Situazione di regime delle tensioni dovute ad una distorsione termica ciclica sinusoidale in una pavimentazione del tipo a deformazione costante. Temperatura iniziale pari alla minima annua. Confronto fra le tensioni calcolate in regime semplicemente elastico e le tensioni calcolate in regime viscoelastico.

Per quanto concerne l'effetto delle variazioni termiche cicliche, le formule (6) e (7) mostrano come il risultato sia nel complesso analogo a quello che si ottiene per i sistemi fissi.

Assumendo per $\bar{\varepsilon}_0(t)$ una forma di tipo esponenziale e risolvendo gli integrali si ottiene infatti anche in questo caso che le tensioni, per tempi sufficientemente distanti dall'origine, oscillano come le tensioni che si avrebbero in campo elastico su un asse traslato di una certa quantità « a » rispetto all'asse delle tensioni elastiche.

La fig. 5 riporta, per una coazione termica del tipo $\bar{\varepsilon} = \lambda T_0 (1 - \cos t)$ la variazione della quantità « a » in funzione del rapporto h/k tra la deformabilità elastica della pavimentazione e quella dell'elemento elastico in serie. Il calcolo è stato eseguito per un calcestruzzo avente le stesse caratteristiche viscoelastiche di quello considerato al paragrafo 2.3.1.

Naturalmente per $\frac{h}{k} = \infty$ si ritrova il valore calcolato al paragrafo 2.3.1.

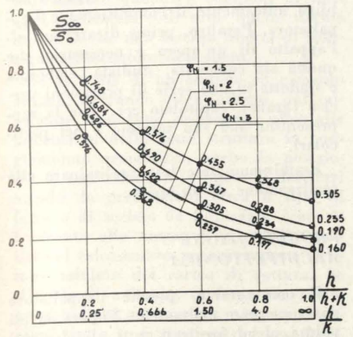


Fig. 4 - Rilassamento delle tensioni di precompressione in una pavimentazione in calcestruzzo precompresso del tipo a sforzo e deformazione variabili. L'entità del rilassamento è messa in relazione con la entità del fluage e con la deformabilità dell'elemento elastico in serie (spalla o giunto).

3. L'effetto dell'attrito.

Le soluzioni precedenti non tengono conto della presenza di azioni tangenziali al contatto fra la lastra in calcestruzzo e la sua fondazione, azioni che si determinano in presenza di uno scorrimento fra la lastra e la fondazione stessa.

Ignorare la presenza delle azioni tangenziali di scorrimento equivale ad ignorare la presenza di un vincolo supplementare di caratteristiche piuttosto particolari, cui la pavimentazione risulta soggetta.

Il « vincolo di attrito » ha come caratteristica peculiare quella di una deformabilità non reversibile. L'esperienza mostra infatti che la azione tangenziale di scorrimento che si genera in ogni punto della superficie di contatto tra la lastra e la fondazione è legata alla entità dello scorrimento del punto stesso tramite una relazione che può essere comunque complessa ([16]).

Ci proponiamo qui di analizzare quali sono gli effetti di questo particolare tipo di vincolo sul regime viscoelastico delle tensioni della pavimentazione.

Ci limiteremo a considerare il problema delle pavimentazioni a « deformazione costante » rimandando ad altra sede il problema delle pavimentazioni dotate di giunti o spalle elastici, per le quali il ragionamento si complica a causa della eterogeneità introdotta dai giunti stessi.

Nelle pavimentazioni a « deformazione costante » le azioni tangenziali di attrito non hanno influenza sullo stato di coazione dovuto alla variazione di temperatura, in quanto il bloccaggio della pavimentazione entro le spalle fisse, operato forzando i giunti attivi, impedisce qualsiasi scorrimento successivo capace di generare azioni tangenziali.

Le azioni tangenziali influenzano invece il regime delle tensioni dovute alla messa in coazione mediante il forzamento dei giunti.

Nota la caratteristica meccanica del « vincolo di attrito », ossia la relazione fra gli scorrimenti e le azioni tangenziali, può essere immediatamente calcolato, in campo elastico, il regime delle tensioni all'istante iniziale dovuto alla introduzione dello stato di coazione.

Affermiamo ora che nei riguardi della evoluzione dello stato di tensione nel tempo, evoluzione dovuta al comportamento viscoelastico del conglomerato cementizio, il « vincolo di attrito », pur esendo dotato come abbiamo visto di una sua deformabilità necessaria per la messa in giuoco della sua reazione tangenziale, si comporta a tutti gli effetti come un vincolo rigido. Ne deriva che la evoluzione delle tensioni sarà in ogni punto retta da una legge di rilassamento del tipo della (2).

Ciò può essere dimostrato avendo presente che, a causa, della non reversibilità della caratteristica meccanica del « vincolo di attrito », lo scorrimento determinato dalla introduzione dello stato di coazione risulta acquisito in modo permanente.

Poichè d'altro lato non è possibile pensare a degli incrementi dello scorrimento, ne deriva che è possibile applicare alla pavimentazione in esame, considerata come solido viscoelastico, il teorema dell'isoformismo che è valido per i solidi dotati di vincoli rigidi. Quindi lo stato di tensione provocato dalla distorsione imposta (forzamento dei giunti) diminuisce nel tempo restando simile a se stesso, mentre lo stato di deformazione resta immutato.

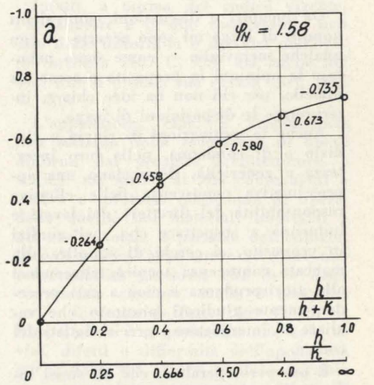


Fig. 5 - Effetto termico nelle pavimentazioni del tipo a sforzo e deformazione variabile. Entità della traslazione a regime del diagramma delle tensioni calcolate in campo viscoelastico rispetto al diagramma elastico, in funzione della deformabilità dell'elemento elastico in serie (spalla o giunto).

A conclusione di questi brevi cenni sull'effetto dell'attrito in campo viscoelastico ci sembra opportuno sottolineare l'importanza di proseguire gli studi su questo argomento; non bisogna dimenticare infatti che le azioni tangenziali di scorrimento influenzano largamente lo stato di tensione ottenibile attraverso il forzamento dei giunti attivi, specialmente quando questi sono disposti a distanze rilevanti.

Mario Alberto Chiorino

Tabella 1. - *Soluzione di alcuni problemi fondamentali in campo viscoelastico per le pavimentazioni precompresse del tipo " a sforzo variabile "*

Tipo di pavimentaz.	Problema	Espressione della distorsione	SOLUZIONI	Numero formula
A sforzo variabile e deformazione costante (spalle rigide)	Effetto di una deformazione impressa di ampiezza costante	$\bar{\varepsilon} =$ costante	$S(t) = S_0\left(1-\frac{\bar{A}}{A}\right) + S_0\frac{\bar{A}}{A}e^{-E\bar{\varepsilon}_0(t)}$	(2)
	Effetto di una variazione termica a ciclo annuale di tipo sinusoidale	$\bar{\varepsilon} = \lambda T_0 \sin t$	$S(t) = S_T\lambda T_0\left\{\left(1-\frac{\bar{A}}{A}\right)\sin t + \frac{\bar{A}}{A}e^{-E\bar{\varepsilon}_0(t)} \int e^{E\bar{\varepsilon}_0(t)} \cos t\, dt\right\}$	(3)
		$\bar{\varepsilon} = \lambda T_0 (1-\cos t)$	$S(t) = S_T\lambda T_0\left\{\left(1-\frac{\bar{A}}{A}\right)(1-\cos t) + \frac{\bar{A}}{A}e^{-E\bar{\varepsilon}_0(t)} \int e^{E\bar{\varepsilon}_0(t)} \sin t\, dt\right\}$	(4)
A sforzo e deformazione variabili (spalle o giunti elastici)	Effetto di una deformazione impressa di ampiezza costante	$\bar{\varepsilon} =$ costante	$S(t) = S_0\left(1-\frac{\bar{A}}{A}\right)\frac{1}{1-\frac{\bar{A}}{A}\frac{k}{h+k}} + S_0\frac{A}{\bar{A}}\frac{\frac{h}{h+k}}{1-\frac{\bar{A}}{A}\frac{k}{h+k}}e^{-E\bar{\varepsilon}_0(t)\left(1-\frac{\bar{A}}{A}\frac{k}{h+k}\right)}$	(5)
	Effetto di una variazione termica a ciclo annuale di tipo sinusoidale	$\bar{\varepsilon} = \lambda T_0 \sin t$	$S(t) = S_T\lambda T_0\left(1-\frac{\bar{A}}{A}\right)\frac{1}{1-\frac{\bar{A}}{A}\frac{k}{h+k}}\sin t + \frac{\bar{A}}{A}\frac{\frac{h}{h+k}}{1-\frac{\bar{A}}{A}\frac{k}{h+k}}e^{-E\bar{\varepsilon}_0(t)\left(1-\frac{\bar{A}}{A}\frac{k}{h+k}\right)}\int e^{E\bar{\varepsilon}_0(t)\left(1-\frac{\bar{A}}{A}\frac{k}{h+k}\right)}\cos t\, dt\Bigg\}$	(6)
		$\bar{\varepsilon} = \lambda T_0 (1-\cos t)$	$S(t) = S_T\lambda T_0\left(1-\frac{\bar{A}}{A}\right)\frac{1}{1-\frac{\bar{A}}{A}\frac{k}{h+k}}(1-\cos t) + \frac{\bar{A}}{A}\frac{\frac{h}{h+k}}{1-\frac{\bar{A}}{A}\frac{k}{h+k}}e^{-E\bar{\varepsilon}_0(t)\left(1-\frac{\bar{A}}{A}\frac{k}{h+k}\right)}\int e^{E\bar{\varepsilon}_0(t)\left(1-\frac{\bar{A}}{A}\frac{k}{h+k}\right)}\sin t\, dt\Bigg\}$	(7)

S_T = tensione introdotta all'istante iniziale mediante la distorsione costante.
S_{Tr} = tensione dovuta a una distorsione termica unitaria nel solido viscoelastico dotato di vincoli rigidi.
S_{Te} = tensione dovuta a una distorsione termica unitaria nel solido viscoelastico dotato di vincoli elastici (giunti o spalle).

([15]) Per la soluzione del primo problema si veda la memoria: M. A. Chiorino, *L'influence de l'élasticité différée* etc. Op. citata. La soluzione del secondo problema può essere ottenuta scrivendo una equazione differenziale analoga a quella scritta per la soluzione del primo problema.

([16]) Il Peltier afferma che il fenomeno che si riscontra nello scorrimento della pavimentazione sulla fondazione non è molto dissimile da quello che si ottiene in laboratorio operando sulla scatola di Casagrande.

Le ricerche sperimentali condotte in Inghilterra confermano il fatto che il valore dell'attrito dipende dalla entità dello spostamento. L'esperienza inglese non conferma per altro la teoria francese secondo la quale la coesione della sabbia può essere considerata la causa dell'aumento dell'attrito sulla fondazione. Si veda in merito: Rapport du Comité mixte AIPCR - CEMBUREAU, *Les chaussées en béton précontraint* - XII Congresso Mondiale della Strada - Roma 1964.

P R O B L E M I

La diversa configurazione del direttore dei lavori nel confronto tra il vecchio ed il nuovo codice

Lo studio comparato tra il vecchio ed il nuovo codice, porta l'Autore a confutare — con argomentazioni tecnico giuridiche — l'errato persistere di attribuzione di compiti e di responsabilità che ancora, vengono attribuiti al direttore dei lavori secondo lo spirito e la lettera dell'abrogato codice civile. Lo stesso studio permette all'Autore, a suo personale avviso, di additare quali sono, invece, i compiti e le responsabilità che, legittimamente, si possono ora attribuire al direttore dei lavori secondo il codice vigente.

Nonostante i molti interventi, gli specifici congressi e le numerose sentenze non si è ancora giunti a chiarire con precisione quali siano le attribuzioni, i compiti ed i doveri del direttore dei lavori per conto del committente.

Sembra che si sia giunti soltanto ad una prima basilare chiarificazione e cioè ad una distinzione di compiti e attribuzioni tra il « direttore dei lavori » per conto del committente ed il « direttore del cantiere » per conto dell'appaltatore, ma da questa distinzione non si sono tratte le logiche conseguenze nell'attribuzione delle responsabilità.

Da incontri e discussioni con valenti uomini di legge mi sono accorto — con qualche meraviglia — come siano nebulose le opinioni in proposito e come sia difficile, per chi non ha idee chiare, interpretare le disposizioni di legge.

Anche le motivazioni di rinvio a giudizio o di condanna, nella loro incertezza e genericità, denunciano una approssimativa conoscenza delle effettive responsabilità del direttore dei lavori e inducono a sospettare che, nei giudizi in proposito, si cerchi di supplire alla mancata conoscenza tecnica, rifacendosi alla giurisprudenza e cioè a casi precedentemente giudicati piuttosto che vagliare ed interpretare i precisi dettati del codice.

È pur vero, peraltro, che gli stessi interessati non hanno idee precise in merito e che i loro pareri sono spesso diversi ed addirittura « contraddittori ».

Da cosa deriva tanta incertezza?

Il controverso limite dei compiti e quindi delle responsabilità del direttore dei lavori trova la sua ragione non tanto nella mancanza di una precisa ed ufficiale elencazione dei suoi doveri e delle conseguenti responsabilità, elencazione che è impossibile formulare, ma soprattutto nel persistere di superate ed errate attribuzioni di compiti strettamente legate alla lettera ed allo spirito del codice del 1865 ed alla conseguente giurisprudenza.

Per poter conoscere le prerogative del direttore dei lavori, i suoi compiti, i limiti del suo potere, è necessario e sufficiente avere la preparazione tecnica e legale per comprendere in tutto il loro significato gli articoli 1655 e seguenti del vigente Codice Civile.

Non tutti sanno che nel 1942 veniva abrogato il codice del 1865 ed entrava in vigore un nuovo codice che, tra l'altro, cambiava il concetto di appalto e di conseguenza mutava i rapporti tra committente e direttore dei lavori, da una parte, ed appaltatore, dall'altra. Fino ad oggi si è sempre consultata la precedente giurisprudenza e — in definitiva — si è giudicato e si giudica l'operato del direttore dei lavori sulla scorta della giurisprudenza che si rifà ai dettati del codice abrogato.

Data la grande importanza che l'argomento ha per gli ingegneri, mi sembra che sia imperiosa la necessità di vagliare, con la precisa conoscenza tecnica degli argomenti trattati, quali siano i compiti, i doveri e le responsabilità del direttore dei lavori, alla luce del vigente codice civile, sgombrando il campo e la mente da tutta la giurisprudenza che non ne riflette nè lo spirito nè la lettera.

Su questo binario ho impostata la mia indagine nella speranza di portare un contributo — magari modesto e parziale — ad un così scottante problema.

Il risultato potrà meravigliare e forse potrà toccare la suscettibilità di qualche Collega che — dalle conclusioni dedotte logicamente da premesse inconfutabili — potrà sentire sminuita la sua autorità di direttore dei lavori.

* * *

È ben noto a tutti che la costruzione di edifici o di altre cose destinate, per loro natura, a lunga durata, viene realizzata — comunemente — mediante un « appalto » (art. 1655 C. C.).

I contraenti di tale contratto sono il committente e l'appaltatore. Il primo, privato od Ente, è colui che decide di costruire un edificio, ne finanzia la realizzazione e ne è, di norma, il proprietario.

Il secondo — l'appaltatore — è colui (privato o società) che, con l'organizzazione dei mezzi necessari e con la gestione a proprio rischio, assume il compimento di un'opera dietro un corrispettivo in denaro.

Pertanto, nel contratto d'appalto per l'esecuzione di un'opera, sono soltanto due le figure giuridiche in gioco e cioè il committente che affida l'esecuzione di un'opera e l'appaltatore che si obbliga di eseguirla verso un corrispettivo in denaro.

Sia il committente che l'appaltatore possono però farsi sostituire; e cioè il committente può (non deve) delegare un tecnico di sua fiducia che lo rappresenti e che è « il direttore dei lavori » e l'appaltatore può delegare — con rapporto di lavoro autonomo o più spesso subordinato — un « direttore di cantiere » che lo rappresenti e lo sostituisca nella conduzione dei lavori.

Le due figure del « direttore dei lavori » e del « direttore di cantiere » sono, pertanto, antagoniste come lo sono le figure del committente e dell'appaltatore che essi rappresentano.

Vedremo come questi tecnici, pur *avendo delle proprie specifiche e gravi responsabilità*, non entrano direttamente nel rapporto di appalto che lega ed obbliga unicamente il committente e l'appaltatore. Peraltro, prima di arrivare all'appalto di un'opera è necessario che questa sia concepita, studiata, elaborata e tradotta in una serie di previsioni precise (grafici, capitolato ecc.) che la rappresentino nel suo insieme e nei particolari.

Esaminiamo tale fase preliminare alla realizzazione di un'opera.

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

Il committente, perchè l'appaltatore possa eseguire esattamente l'opera da lui voluta, deve fornirgli tutti gli elementi necessari sotto forma di prescrizioni, norme e grafici e cioè deve fornirgli un *progetto*.

Per lo studio e la compilazione del progetto, il committente si avvale di un tecnico, abilitato alla professione, denominato, usualmente, « progettista ».

Il progettista, di norma — ed almeno in una prima fase — limita la sua attività ad uno studio distributivo dei vari locali e ad uno studio architettonico dell'opera tenendo, però, presenti — già in questa fase — le necessità statiche dell'opera stessa. Quindi il progettista prefissa l'interasse dei pilastri, dimensiona in maniera indicativa le travi ed i solai ecc. in modo che tali indicazioni di massima possano trovar riscontro nelle misure e nei valori che un calcolo statico dimostreranno necessari.

Il lavoro del progettista si concretizza:

1) in una serie di grafici dettagliati, quotati e completi di tutti quei particolari decorativi che possono fornire al committente una *precisa idea* delle previsioni dimensionali, distributive ed architettoniche dell'opera così che egli possa giudicare se l'opera progettata corrisponde alle sue necessità, ed ai suoi gusti;

2) in una serie di norme tecnico-amministrative e cioè nel capitolato d'appalto;

3) in altri eventuali elaborati (computo metrico estimativo, analisi dei prezzi ecc.).

È logico che un progetto così sviluppato non può esser sufficiente per l'esecuzione dell'opera e che chi lo ha redatto non può esser responsabile della statica dell'edificio perchè — infatti — si tratta soltanto di una previsione distributiva ed architettonica senza alcuna impegnativa previsione o prescrizione statica.

PROGETTAZIONE STATICA

Per poter realizzare l'opera, è necessario che lo stesso progettista o altro professionista, proceda al calcolo statico dell'insieme dell'edificio e delle sue strutture particolari.

I calcoli statici vengono poi tradotti dallo stesso professionista in grafici scrupolosamente quotati e completi di tutti quei particolari e di tutte quelle norme esecutive che non lascino libertà di soluzioni all'esecutore dell'opera.

Se si tratta di un edificio in cemento armato, dovranno esser indicati, dal calcolatore, con tutta precisione, oltre alle dimensioni delle varie strutture in conglomerato cementizio, anche la posizione, la sagomatura e la quantità dei ferri nonchè le prescrizioni circa il tipo di ferro o di acciaio da impiegare (con riferimento alle norme UNI) e alla qualità del calcestruzzo prescrivendone il limite minimo del carico di rottura. Se si tratta di un'opera in ferro, dovranno esser indicati in maniera non equivocabile i tipi e le dimensioni dei vari ferri, il numero e la posizione dei chiodi, o la sezione e la lunghezza dei cordoni di saldatura.

È pure compito del calcolatore dare precise e scrupolose disposizioni per i vari « attacchi » di una membratura all'altra.

In altri termini, il calcolatore, dopo aver determinato le forze che sollecitano o possono sollecitare l'edificio nel suo insieme e nelle sue singole strutture, deve calcolarne le dimensioni e le forme e tradurre questi suoi calcoli in norme rigorose e disegni particolareggiati in modo che l'intera struttura dell'edificio possa essere eseguita, anche nei minimi particolari, senza che possano sorgere dubbi o incertezza.

Dalla collaborazione del progettista e del calcolatore scaturisce il « progetto esecutivo » e cioè l'insieme di tutti quei grafici e di tutte quelle norme che permettono di realizzare l'opera non solo in conformità alle previsioni distributive ed architettoniche, ma anche in maniera staticamente efficente.

Ma nel gioco delle parti, tra le due uniche figure previste dal codice civile vigente — committente ed appaltatore — da che parte sta il calcolatore?

Il calcolatore può esser nominato e pagato per la sua prestazione sia dal committente sia dall'appaltatore a seconda che il primo fornisca al secondo un progetto esecutivo (e quindi completo di calcoli statici) o un progetto distributivo ed architettonico, sia pure dettagliatissimo, ma nel quale non sono contenute previsioni statiche. È logico che, se il committente fornisce il progetto esecutivo completo di calcoli, l'appaltatore *deve* realizzare l'opera secondo i calcoli forniti.

Se viceversa il committente fornisce all'appaltatore il solo progetto architettonico, l'appaltatore — a sua cura e spese — provvederà a predisporre il progetto statico secondo i suoi criteri, uniformandosi però ad eventuali prescrizioni che siano contenute nel contratto di appalto. Per esempio, può essere prescritto che l'edificio sia in struttura muraria, o con ingabbiatura in cemento armato; che le travi siano in spessore di solaio; possono esser fissati i carichi utili, e gli sforzi massimi cui assoggettare il calcestruzzo o il ferro ecc. ecc.

Questo secondo metodo è divenuto usuale, tanto che anche lo Stato lo adotta per sistema. (Si veda in proposito il capitolato speciale tipo per lavori edilizi redatto dal servizio tecnico centrale del Ministero dei LL.PP.).

È naturale che il calcolatore risponda del suo operato — ai sensi del vigente codice — per fatto colposo, se nei suoi elaborati dovessero emergere degli errori e ne risponderà verso chi gli ha commesso l'incarico di calcolazione, sia esso il committente o l'appaltatore, sempre entro i limiti dell'art. 2236 C. C. (responsabilità del prestatore d'opera intellettuale) e dell'art. 589 C. P. (omicidio colposo). Ma — agli effetti del rapporto di appalto — il calcolatore non partecipa direttamente ad alcuna responsabilità in quanto — nel caso di appalto — i contraenti sono due e due soltanto; il committente e l'appaltatore (art. 1655 C. C.) e solo loro — nell'obbligarsi con il contratto d'appalto — assumono dirette e reciproche responsabilità.

APPALTO

Il committente, per attuare l'opera, sceglie, a suo giudizio o a seguito di gara più o meno ufficiale, un appaltatore e sottoscrive con lui un contratto che è l'unico atto che regola i loro rapporti.

Al contratto viene allegato — come parte integrante — il progetto sia esso meramente architettonico od anche statico oltre al capitolato d'appalto.

Con la firma del contratto di appalto e con l'inizio dei lavori, sorgono tra i due contraenti degli obblighi e delle responsabilità reciproche regolate dal contratto e dalla legge.

Obbligo dell'appaltatore è quello di eseguire l'opera in conformità al progetto ed alle prescrizioni del capitolato, nel tempo prefissato e seguendo tecniche ortodosse; mentre obbligo del committente è quello di versare i ratei d'acconto concordati.

Se il lavoro viene compiuto regolarmente e senza incidenti o infortuni non può sorgere alcuna contestazione (riserve o pretese di vizi, a parte).

Ma non è questo il caso che ci interessa. Noi dobbiamo esaminare il caso in cui si verifichi un crollo che comporti o meno lesioni gravi o la morte di persone.

In tal caso, normalmente, vengono incriminati l'appaltatore, il progettista ed il direttore dei lavori.

È giusto? È conforme ciò allo spirito del codice?

Esaminiamo il codice vigente e troveremo la risposta.

Riguardiamo il vecchio codice e ci spiegheremo perchè ancor oggi si proceda come si procedeva quando si era sotto l'impero dell'abrogato codice.

OBBLIGHI E RESPONSABILITÀ DELL'APPALTATORE

Attualmente la figura dell'appaltatore o assuntore può essere definita tenendo presente il vigente art. 1655 C. C.

Si deve — cioè — definire « appaltatore » quello dei contraenti di un contratto d'appalto che, con l'organizzazione dei mezzi necessari e con la gestione a *proprio rischio*, persegue il compimento di una prefissata opera o di un servizio contro un corrispettivo in denaro.

Dal contesto di tutto il capitolo VI del Codice Civile (art. 1655 e seguenti) si evince che il concetto di rischio non è da riferire soltanto ad un'alea economico-finanziaria, ma anche alla responsabilità della buona riuscita dell'opera.

Infatti, a norma del codice vigente, l'appaltatore è il solo responsabile non solo delle difformità o dei vizi dell'opera (articolo 1667 C. C.), ma anche dei suoi difetti e della sua rovina (art. 1669 C. C.).

L'appaltatore, cioè, è responsabile non soltanto della esecuzione di opere difformi dal progetto architettonico e statico, ma anche di vizi conseguenti a cattiva o difettosa esecuzione di opere, della qualità dei materiali impiegati e del crollo totale o parziale dell'edificio. Quindi è solo l'appaltatore ad avere una responsabilità giuridica che deve esser considerata *assoluta, totale e completa* se — in forza dell'art. 1669 C. C. — l'appaltatore è responsabile non solo di vizi, difetti o difformità dell'opera, ma anche della sua rovina totale o parziale per una qualsiasi ragione; per difetto di costruzione e persino per vizio del suolo.

Per le suesposte responsabilità, l'appaltatore ha anche il *dovere* di vagliare e controllare le prescrizioni fornitigli dal calcolatore per accertarsi che non siano erronee, viziate o lacunose perchè egli solo è responsabile, verso il committente, della buona riuscita dell'opera.

Tutte le dette responsabilità persistono per l'appaltatore anche se questi delega un « *direttore di cantiere* » (da non confondersi con il direttore dei lavori) alla realizzazione dell'opera oggetto dell'appalto. Infatti il direttore di cantiere è da considerarsi un ausiliario dell'appaltatore, da lui dipendente per un contratto di lavoro subordinato o meno.

Anche il direttore di cantiere ha precise responsabilità, ma solo nei riguardi dell'appaltatore, suo mandante, e mai nei riguardi del committente perchè tra quest'ultimo ed il direttore del cantiere non esiste alcun rapporto giuridico.

Abbiamo così viste quali precise e totali responsabilità ha — alla luce del codice vigente — l'appaltatore.

In contrapposto esaminiamo le responsabilità della controparte: il committente ed il suo « alter ego » il direttore dei lavori.

OBBLIGHI E RESPONSABILITÀ DEL COMMITTENTE E DEL DIRETTORE DEI LAVORI

Dall'esame del codice risulta che il committente durante l'esecuzione dell'opera — ha soltanto la *facoltà* di ordinare varianti, limitate nel tipo e nella quantità (art. 1661 C. C.) e di verificare la regolare esecuzione dell'opera stessa (art. 1662 C. C.).

Nessun'altra facoltà è concessa, nessun altro dovere è imposto dal codice al committente per quanto riguarda la conduzione e la esecuzione dei lavori, se non il diritto — nel caso in cui si accorga che il lavoro non proceda secondo le norme contrattuali — di fissare un congruo termine all'appaltatore perchè questi si uniformi a tali norme.

È da sottolineare — quindi — il fatto che il committente ha solo la *facoltà* di ordinare limitate varianti e verificare le opere nel corso della loro esecuzione, ma non ne ha l'*obbligo*: è un suo diritto, non un suo dovere. La responsabilità della buona riuscita dell'opera, sotto ogni aspetto, è come abbiamo visto, del solo appaltatore.

Teoricamente, il committente potrebbe non visitare mai il cantiere, potrebbe non verificare i materiali e l'esecuzione delle opere e potrebbe presentarsi — il giorno prefissato per l'ultimazione dei lavori — per prendere in consegna l'opera eseguita e verificarla senza con ciò perdere alcun diritto o contravvenire ad alcun dovere.

È naturale però, che il committente — a sue spese e per garantirsi della buona esecuzione dell'opera e del rispetto delle norme contrattuali, già durante la loro esecuzione — *possa delegare* queste sue facoltà di controllo ad un tecnico di sua fiducia che è appunto il « direttore dei lavori » che — peraltro — *non può avere maggiori responsabilità o poteri del committente, suo rappresentato.*

Anche la nomina del direttore dei lavori è una *facoltà* del committente. Infatti — anche se molti Comuni richiedono, arbitrariamente, la sua designazione — non vi è obbligo legale per il committente di nominare un direttore dei lavori, se non per i lavori pubblici.

Si noti, che in molti Paesi esteri non esiste neppure la figura del direttore dei lavori, tanto è pacifico che l'unico responsabile della buona riuscita dell'opera è unicamente l'appaltatore.

È pure da sottolineare che il vigente codice civile non cita mai nè il progettista nè il direttore dei lavori.

Quindi, il direttore dei lavori è quel tecnico che — su incarico del committente, a sue spese e nel suo esclusivo interesse — vigila sulla buona esecuzione delle opere e sulla loro rispondenza alle previsioni del progetto e alle altre norme contrattuali, ma strettamente entro i limiti precisati dagli articoli 1661 e 1662 C. C., e — a termini di legge — questa sua *facoltà* di verifica è esente da responsabilità, sia perchè da una facoltà di verifica non può derivare responsabilità, sia perchè — in forza della legge — sempre e solo l'appaltatore è l'unico responsabile e non lo è nè il committente nè il suo rappresentante, il direttore dei lavori.

È ben vero, peraltro, che il direttore dei lavori può avere una sua precisa responsabilità, ma unicamente verso il suo mandante, il committente, nel caso che l'opera di vigilanza e di controllo non sia stata eseguita con la dovuta scrupolosa diligenza.

Inoltre il direttore dei lavori viene ad assumere delle responsabilità, talora molto gravi, se — oltrepassando i limiti della verifica e del controllo — dovesse *ordinare* all'appaltatore alcune modalità costruttive che poi risultassero errate e fossero causa di difformità, vizi o crolli.

Il direttore dei lavori, come rappresentante del committente, è autorizzato a visitare l'opera nel corso della sua esecuzione per accertarsi se i materiali impiegati sono conformi a quelli contrattuali e per verificare se le previsioni del progetto vengono attuate e se vengono rispettate le regole dell'arte, ma non può interferire sulla organizzazione del cantiere, sul modo di condurre i lavori e sulle modalità di esecuzione.

A norma dell'art. 1662 C. C., il committente, o il suo rappresentante, il direttore dei lavori, che si accorgano del mancato rispetto delle norme contrattuali, possono solo fissare un congruo termine entro il quale l'appaltore deve conformarsi a tali norme senza, peraltro, poter ordinare la tecnica e le modalità per ovviare ai contestati vizi, difetti o difformità.

Solo nel caso che, entro il termine concesso, l'appaltatore non provveda ad ovviare alle lamentate manchevolezze, può esser risolto il contratto.

Solo con tali premesse può restare valida la precisa nozione di appalto data dall'art. 1655 C. C. dove è detto che l'appaltatore « assume con l'organizzazione dei mezzi necessari e con la gestione a *proprio rischio*, il compimento di un'opera o di un servizio verso un corrispettivo in denaro ».

Il concetto di *rischio* non può esser circoscritto — come si è detto — ad una semplice alea economico-finanziaria dell'appalto, ma va esteso alla responsabilità circa la buona riuscita dell'opera (v. art. 1655 Codice Civile e seguenti).

Quando il codice parla di responsabilità nel campo dell'appalto, parla soltanto di responsabilità dell'appaltatore e cioè dell'esecutore dell'opera e mai di responsabilità del committente o del suo delegato o rappresentante (direttore dei lavori).

Quindi, la denominazione di « direttore dei lavori » attribuita al tecnico fiduciario del committente, ha un significato sproporzionato alle effettive funzioni che questo « direttore » *deve e può svolgere*, funzioni che sono limitate alla verifica delle opere eseguite e del materiale fornito.

La denominazione è rimasta in uso per consuetudine, ma non può corrispondere agli effettivi compiti attribuiti al direttore dei lavori secondo le norme del codice vigente.

Si consideri anche, che la tabella *B*) della tariffa professionale degli ingegneri (legge 2 marzo 1949, n. 143) prevede, per il professionista che, per conto del committente, « dirige » i lavori, un compenso pari al solo 25 % dell'importo che gli spetta per l'espletamento di tutti i compiti e le operazioni proprie dell'ingegnere e cioè: progetto esecutivo, preventivo particolareggiato, capitolati, contratti, direzione dei lavori, assistenza al collaudo e liquidazione ecc.

Dalla così modesta percentuale afferente alla direzione dei lavori si comprende come il compito del direttore dei lavori debba esser limitato e debba consistere in saltuarie visite ai lavori (art. 19/f della Tariffa) e non possa comportare quelle serie responsabilità che gli si vorrebbero comunemente attribuire seguendo ancora il superato concetto del vecchio codice e che comporterebbero la sua continua presenza in cantiere e non soltanto delle visite saltuarie.

Pertanto, si può concludere che il direttore dei lavori, a parte le responsabilità che può avere verso il suo committente,, non ha responsabilità alcuna circa i vizi, i difetti, le difformità e financo la rovina di un edificio in quanto egli — rappresentante del committente — non può avere maggiori responsabilità del suo mandante e — di contro — il codice prevede — nel caso di appalto — che ogni responsabilità circa la buona riuscita dell'opera, sia esclusivamente e totalmente dell'appaltatore. Il direttore dei lavori potrà assumersi delle responsabilità personali unitamente all'appaltatore se — sconfinando arbitrariamente dai limiti di verifica e controllo attribuiti al suo mandante — impartirà disposizioni errate che l'appaltatore dovesse eseguire.

Anche il progettista e soprattutto il calcolatore, se le due persone sono distinte, possono avere responsabilità per fatto colposo se il loro operato dovesse esser viziato, erroneo o lacunoso, ma tale responsabilità è da considerarsi limitata nei soli riguardi del mandatario, ma estranea al rapporto di « appalto » ed — in ogni caso — limitata ai disposti dell'art. 2236 C. C. e 589 C. P.

* * *

Alla luce di quanto esposto i compiti del direttore dei lavori risultano precisati in modo chiaro ed inequivocabile e non dovrebbero sussistere dubbi o incertezza circa la portata delle sue responsabilità. Ed allora perchè esiste tanta incertezza, non solo presso il vasto pubblico non qualificato, ma anche negli ambienti legali e — purtroppo — anche nelle aule giudiziarie e financo fra gli stessi tecnici.

Sembra impossibile ma ciò è dovuto al persistere di superate attribuzioni di compiti del direttore dei lavori ancora legate all'abrogato codice napoleonico del 1865 ed alla conseguente giurisprudenza.

IL VECCHIO CODICE

L'abrogato codice del 1865, all'articolo 1639, attribuiva congiuntamente, all'architetto progettista ed all'appaltatore, la responsabilità della rovina o del pericolo di rovina di un edificio o di altra opera notabile, quando fossero causati sia da difetto di costruzione sia da vizio del suolo.

La giurisprudenza aveva costantemente estesa tale responsabilità anche al direttore dei lavori preposto dal committente all'esecuzione dell'opera anche se il direttore dei lavori non era l'autore del progetto.

E ciò era giusto perchè il direttore dei lavori — in rappresentanza del committente ed in sostituzione del progettista — aveva poteri legali di intervento sulla esecuzione e sulla modalità di esecuzione oltre che sulla accettazione dei materiali.

Infatti, il vecchio codice, all'art. 1627 definiva l'appalto « una locazione d'opera » e non obbligava — quindi — l'appaltatore ad avere una propria organizzazione tecnico-amministrativa e ne limitava le responsabilità allo svolgimento di una *attività promessa* che veniva man mano prestata (lavoro subordinato) secondo le richieste del committente o — meglio — secondo le richieste e le prescrizioni del progettista o del direttore dei lavori che — con la loro competenza tecnica — lo rappresentavano.

Quindi — secondo il vecchio concetto di « appalto = prestazione d'opera » — il direttore dei lavori aveva *diritto e potere* di interferire sulla organizzazione del cantiere, sulla condotta e sulle modalità esecutive dell'opera e logicamente veniva ad assumere le conseguenti responsabilità unitamente all'esecutore; mentre l'appaltatore veniva configurato come un « nudus minister » e cioè un esecutore materiale.

In altri termini, la responsabilità di una cattiva esecuzione di un immobile, tale da produrre crolli o da causare gravi difetti, non era limitata all'appaltatore che era configurato come un prestatore d'opera, ma veniva estesa anche al progettista o al direttore dei lavori che avevano la *capacità e l'autorità* di imporre all'appaltatore degli ordini e delle disposizioni non solo sulla modalità di esecuzione, ma anche sulla esecuzione stessa delle opere e financo nell'organizzazione del lavoro.

Peraltro, con il progredire della tecnica, con il moltiplicarsi dei sistemi costruttivi, con la tendenza moderna di sostituire le attività artigianali con quelle industriali, l'appaltatore ha via via assunto la figura di un dirigente di azienda il che comporta, da parte sua, una organizzazione tecnica.

Anzi è utile far notare che già nel 1895 e cioè trent'anni dopo la promulgazione del vecchio codice e quarantasette anni prima della promulgazione del nuovo, lo Stato — che pure è così rigoroso nelle disposizioni per i controlli e le verifiche — emanava un decreto che era in contrasto con il codice allora vigente e anticipava lo spirito del nuovo.

Infatti il R. D. del 25 maggio 1895, n. 350, e cioè il regolamento, tuttora vigente, per la conduzione, la contabilità e la collaudazione dei lavori dello Stato che sono nelle attribuzioni del Ministero dei LL. PP. prevede all'art. 3 ben circoscritti compiti per il direttore dei lavori se limita la « sua *speciale* responsabilità soltanto all'accettazione dei materiali, alla buona e puntuale esecuzione dei lavori in conformità ai patti contrattuali ».

Tale osservazione ci fa pensare che già nel 1895 — di fatto — al direttore dei lavori non potessero esser accollate serie responsabilità a meno che non si pretendesse la sua presenza in un unico cantiere, di giorno e anche di notte (perchè l'appaltatore avrebbe potuto — ispirandosi a Penelope — manomettere — durante la notte — le opere eseguite di giorno, recuperando — per esempio — i ferri dei pilastri).

Per concludere, si può affermare che, mentre il vecchio codice non riconosceva all'appaltatore che una scarsa conoscenza tecnica, limitata alla sola manualità, e cioè lo considerava un « nudus minister », il nuovo codice lo considera un soggetto capace di organizzare ed eseguire un lavoro con la perfetta conoscenza della tecnica e della statica e, nel concedergli ogni autonomia sulla organizzazione del cantiere e sulle modalità costruttive, deve necessariamente accollargli le conseguenti responsabilità.

Se quindi con il vecchio codice erano responsabili — sia l'appaltatore (esecutore materiale) sia chi aveva concepita l'opera o la conduceva avendo, quest'ultimo, diritto e dovere di impartire ordini e prescrizioni costruttive e organizzative, con la nuova configurazione dell'appalto, viceversa, è il solo appaltatore che sceglie — a suo giudizio ed a suo rischio — le tecniche costruttive ed organizzative che più gli aggradano e trova un limite soltanto nel rispetto delle prescrizioni contrattuali ed è quindi l'unico responsabile della buona riuscita dell'opera mentre il compito del direttore dei lavori è limitato a controllare a che l'opera venga realizzata in conformità del contratto.

Se il contratto prescrive soltanto che i solai devono avere una portata di 250 kg/mq. l'appaltatore può scegliere solai in laterizio con o senza cappa, o solai con travi prefabbricate in calcestruzzo o — se vogliamo — anche solai in ferro.

Se viceversa il contratto prescrive che il solaio oltre ad avere una portata di 250 kg/mq. deve essere in laterizio con nervature e cappa in calcestruzzo, l'appaltatore potrà aver libertà di scelta tra i laterizi di una fornace o di un'altra, tra un solaio gettato in opera o eseguito con travetti confezionati a piè d'opera, ma non potrà eseguire un solaio con travetti in calcestruzzo prefabbricato o in ferro.

Quindi il direttore dei lavori, *alter ego* del committente, può solo e soltanto vigilare — nell'esclusivo interesse del suo mandante ed entro i limiti ben precisati dagli art. 1661 e 1662 C. C. —, sulla rispondenza delle opere alle previsioni dei progetti, architettonici e statici, alla buona esecuzione delle opere, alla buona qualità dei materiali, alla tempestiva esecuzione delle opere, ma — a termini di legge — questa sua facoltà di verifica è esente da responsabilità civili o penali se non nei riguardi del suo mandante.

Il direttore dei lavori non può esser incriminato per un crollo totale o parziale o per un infortuno mortale o meno di un operaio, perchè egli ha la *facoltà* di verificare l'opera e non l'*obbligo* e, da una *facoltà* di verifica, non può insorgere una responsabilità penale; responsabilità che — per legge — abbiamo già visto deve esser attribuita completamente al solo appaltatore.

Ciò non esime il direttore dei lavori da una responsabilità morale e forse civile ma extra contrattuale, e nei soli confronti del suo committente.

Purtroppo sia gli avvocati che i giudici essendo digiuni di questioni tecniche, anzi addirittura « allergici » a questioni tecniche, si rifanno, di volta in volta, alla giurisprudenza e così, di volta in volta, si giudica secondo il vecchio codice e si attribuiscono al direttore dei lavori colpe e responsabilità che aveva secondo il codice abrogato nel 1942, ma che non ha e che non può avere secondo i chiari e non equivocabili dettati dal codice vigente.

* * *

A conforto di quanto ho esposto, contro una lunga serie di sentenze poco esaurienti e convincenti e per lo più ispirate al vecchio codice, ne ho ritrovata una molto chiara e assolutamente autorevole. Il concetto basilare che ha ispirato la predetta sentenza (Cassazione - Sezione civile - sentenza n. 479 del 18 febbraio 1959) viene riportato integralmente qui di seguito.

« L'appaltatore è unico responsabile della esecuzione dei lavori, non essendo configurabile, per l'autonomia del contratto di appalto e per la conseguente esclusione di ogni dipendenza dell'appaltatore verso l'appaltante, una responsabilità solidale di quest'ultimo, neppure quando l'opera sia stata eseguita sotto la vigilanza ed il controllo di un direttore tecnico dei lavori che non abbia ostacolato la libertà di determinazione e di decisione dell'appaltatore circa il modo di esecuzione dei lavori stessi. Sol quando l'appaltatore esegua come « nudus minister » l'opera affidatagli, conformemente alle istruzioni del committente questi è direttamente responsabile delle conseguenze dannose derivate dalla esecuzione dell'opera; poichè viene meno l'autonomia dell'appaltatore la quale trascina il venir meno della sua responsabilità tecnica ».

Paolo Andriolo Stagno

Dal bosco naturale alla fustaia industriale
Valori paesistici

GIORGIO RIGOTTI studia i caratteri paesistici del « bosco naturale », elemento fondamentale e quasi dominante nel tradizionale ambiente territoriale del passato, ne denuncia la progressiva scomparsa in tempi recenti e la sua parziale sostituzione con la « fustaia industriale » avente caratteristiche paesistiche completamente diverse.

Fra i vincoli che più comunemente compaiono nei piani regolatori territoriali o comunali e nei piani paesistici è caratteristico e frequente quello del « verde » sotto varie forme: verde pubblico (attrezzato o no), privato, agricolo, ecc.; e una delle giustificazioni più addotte per l'imposizione di detto vincolo è quello di mantenere un determinato valore paesistico — già esistente o da ricomporre — a zone e comprensori che si vogliono sottrarre all'uso più o meno indiscriminato e totale da parte dell'uomo per insediamenti residenziali e industriali.

Molto sovente però quel vincolo compare bensì in forma concreta nelle tavole di progetto dove un'indicazione simbolica ne fissa esattamente i confini e la forma planimetrica, per contro esso appare di solito nella relazione e nelle norme di attuazione in forma troppo indefinita come portata e come limiti, così che in pratica molte volte ci si trova davanti a interpretazioni che nulla hanno a vedere con le intenzioni e le direttive di progetto e non forniscono perciò quel fattore positivo e determinante voluto nella composizione generale del piano.

Di conseguenza, quando si voglia fare affidamento su grandi e compatte masse di alberi per ottenere — o per mantenere — un determinato effetto paesistico non basta certo l'indicazione planimetrica o la prescrizione generica di « verde » ma occorre precisare di quale tipo di verde si tratti e quali valori paesistici esso deve avere e mantenere nel tempo.

* * *

Come elemento naturale e spontaneo il bosco, di qualunque tipo esso sia, è un ambiente complesso formato da molte parti elementari però sempre in perfetto equilibrio biologico — equilibrio, quindi, non immutabile e statico, ma dinamico e in perenne evoluzione — in cui la vita vegetale e la vita animale si completano a vicenda pur nella loro fatale, continua lotta per la sopravvivenza delle singole specie.

D'altra parte, come per noi non è concepibile la vita animale senza vita vegetali, così non è concepibile la vita vegetale senza animali, e gli uni e gli altri trovano nella libera natura e specialmente nel bosco l'ambiente più completo e l'asilo più sicuro dove, nella alternanza delle stagioni, nelle caratteristiche climatiche locali e nelle possibilità offerte dai vari terreni, le leggi naturali impongono a ogni specie e a ogni singolo individuo, dal più semplice al più complesso, un particolare, ponderato e interdipendente ciclo vitale dalla nascita alla morte.

Fig. 1 - Il passo Yamada sul monte Shirane-Yama; tronconi degli aberi di una foresta distrutta dall'eruzione del vulcano.

E leggi naturali che graduano anche fra i vari luoghi della terra e nel tempo la distribuzione delle specie e la proporzione nel numero di individui di ogni specie, in modo che quel divino equilibrio biologico del complesso non venga turbato da improvvisi elementi estranei o da forzati interventi esterni e artificiali, ma si sviluppi entro l'orizzonte di un lento, continuo e armonico processo evolutivo.

Infatti, anche quelli che a un primo momento potrebbero apparire anomali, dai fenomeni più piccoli e limitati (frane, incendi, allagamenti, ecc.) ai più grandiosi e terrificanti (terremoti, eruzioni vulcaniche, ecc.), anche questi fenomeni che pur localmente parrebbe possano alterare profondamente e sconvolgere in brevissimo tempo e in modo completo l'equilibrio preesistente, se considerati invece come parte di un più ampio e completo complesso regionale, e analizzati più a fondo entro un periodo di anni sufficientemente lungo a completare un ciclo, rientrano come elementi indispensabili nel concerto di quei fattori equilibratori della vita del nostro mondo.

Il bosco naturale può assumere, a seconda dei luoghi, caratteri diversi dipendenti in principal modo dalle condizioni climatiche, dalla composizione chimica e granulometrica dei terreni, dalla orografia e dalla idrografia dei siti, e quei caratteri sono fondamentali elementi differenziatori e individuatori dei vari complessi paesistici.

Nelle nostre terre di pianura, di collina, di bassa montagna a clima continentale, a latitudine intermedia fra i 40° e i 50° nord,

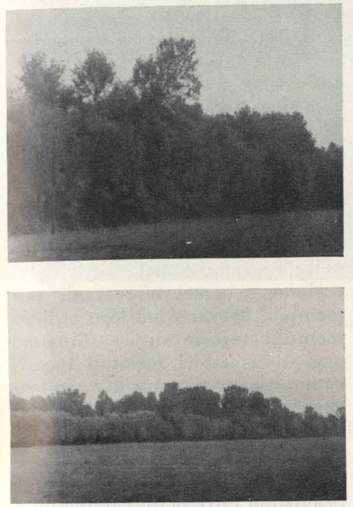


Fig. 2-3 - Vedute dall'esterno e profili di un bosco naturale (Ordine Mauriziano, Stupinigi).

è tipico, come prodotto naturale e tradizionale, il bosco spontaneo a essenze non uniformi (fustaia mista), con piante a diversa età (disetanee), con sottobosco in generale fitto e vario formante un complesso armonico di alberi di alto e di medio fusto, di arbusti, di cespugli, di frutici, suffrutici, erbe e specie inferiori (muffe, licheni, ecc.), ed estendentesi quasi sempre più o meno uniformemente su appezzamenti di terreno molto vasti.

Esso offre di solito alla vista dall'esterno una massa abbastanza compatta e continua, sia a contatto con la terra che ad altezze superiori (il ritmo dei tronchi più grossi è completamente nascosto dalla vegetazione minore), a contorno planimetrico irregolare, molto modellata, a volte quasi tormentata e varia per altezza, per colore, per forme di fronde svettanti, per alternanza irregolare di luci, mezze luci e ombre; variabilità che si estende anche nel tempo lungo l'arco annuale delle stagioni.

Nell'interno del bosco sono frequenti le schiarite, le radure che interrompono con spazi erbosi e cespugli isolati la continuità della vegetazione arborea di più alto fusto, creando veri e propri ambienti chiusi e materialmente delimitati e circoscritti, con planimetria molto irregolare, di ampiezza variabilissima, aventi per copertura la volta del cielo, sovente bagnati da rivi, fontane e laghetti; e dove alla pausa della vita vegetale degli alberi più grandi corrisponde di solito (anche grazie all'apporto luminoso e calorifico dei raggi del sole che vi penetrano abbondantemente) una esaltazione della vita animale che colà trova i luoghi più adatti per la pastura e il raduno.

Man mano ci si avvicina al mare o si salgono le pendici montane verso quote più alte, il bosco tende ad assumere un carattere diverso da quello precedentemente descritto, in quanto poco per volta si accentuano in percentuale, a scapito di altri, determinati tipi di piante che alla fine riescono anche a predominare in modo assoluto per le migliori possibilità di adattamento alle particolarità del clima e dell'ambiente.

Arriviamo così ai boschi formati da un'unica essenza arborea particolare (fustaia pura) o da pochissime specie simili (cosiddette socievoli), sempre però disetanei e che acquistano dall'esterno nel loro complesso un aspetto più uniforme, ma nello stesso tempo molto più individuale e caratteristico, per massa, altezza, ombra e colore: così le pinete mediterranee, i castagneti, le abetaie in montagna.

In questi varia pure la più piccola e minuta vegetazione del sottobosco, anch'essa soggetta alle particolari condizioni del luogo, collegata alla vita e al tipo dei dominanti alberi di più alto fusto, e tendente a ridursi a poche specie e talora anche a mancare in alcune parti: si passa cioè sovente dalle erbe alle piante di alto fusto senza vegetazione intermedia, sì che si rendono in questi casi perfettamente individuabili anche la sequenza e il ritmo dei tronchi, caratteristica che vedremo poi dominare, ma con fredde particolarità geometriche, nella fustaia industriale.

Nell'interno del bosco le schiarite e le radure sono sempre presenti, sia pure a volte più piccole, frammentate e isolate, a volte invece più ampie e frequenti fino a formare quasi una lunga serie

Fig. 4-5 - Tipi di radure in boschi naturali (Ordine Mauriziano, Stupinigi).

ininterrotta di successivi ambienti a prospettiva chiusa (paragonabile alla sequenza delle sale e dei saloni di una dimora) ma intercomunicanti fra loro come un vero e proprio continuo circuito di passaggio interno.

E collateralmente alla specializzazione nei vegetali si nota normalmente anche una specializzazione negli animali, pure questa derivante direttamente dalle particolari condizioni climatiche e ambientali e dal tipo di pastura che il bosco può offrire in quantità più abbondante.

Il bosco naturale, misto o puro che sia, nel tempo e nello spazio si rinnova continuamente in tutte le sue parti dall'alto fusto all'erba, dalle piante perenni a quelle annuali e stagionali; ogni individuo morendo lascia il posto a un altro simile o diverso, ma in pratica la

massa generale del bosco non varia nel suo aspetto d'insieme.

Gli alberi di maggior mole muoiono e sono sostituiti da altri che nel frattempo sono cresciuti in altre posizioni vicine o lontane; il predominio di un grosso esemplare sviluppato porta con sè la variazione nelle immediate vicinanze di tutta la vegetazione minore fino alle pianticelle e alle erbe del sottobosco; così parec-

Fig. 6 - Particolare di profilo di bosco naturale con essenze miste e disetanee (Ordine Mauriziano, Stupinigi).

chie schiarite e radure mutano poco per volta in ampiezza, forma e posizione, si frammentano e si ricongiungono rinnovando sempre il paesaggio interno; il profilo degli alberi svettanti, la modellazione delle masse verdi, il colore dei gruppi di piante, i giochi di luci e di ombre, cambiano anch'essi lentamente e quasi insensibilmente, ma come si è detto il complesso mantiene costanti e intatte nel tempo e nello spazio le sue principali caratteristiche paesistiche generali.

L'unica variazione ciclica più importante e abbastanza rapida, e perciò più facilmente percettibile anche come apporto alla composizione del paesaggio circostante, è portata dal fattore naturale della sequenza annuale delle stagioni che dà al bosco una veste variabile — di solito anche molto vistosamente — dalla primavera, all'estate, all'inverno, in special modo nella compattezza delle masse (foglie caduche) e nel colore (tinte più tenui primaverili, più accese e violente verso l'autunno).

* * *

In questo ponderato e spontaneo equilibrio biologico come si inserisce l'uomo essere singolo e collettività? come agiscono i suoi interventi?

Scartiamo subito volutamente la pessimistica affermazione, da qualcuno sostenuta, troppo generica ma anche troppo assoluta che l'uomo sia sempre da considerare come l'unico animale veramente nocivo alla conservazione e alla riproduzione delle altre specie animali e vegetali; affermazione che dobbiamo però ammettere come valida in qualche caso particolare — talora anche in molti casi e ne abbiamo purtroppo in gran numero esempi recenti — e di solito limitato a brevi periodi di tempo e per determinate contingenze.

Nella sua perenne, a volte affannosa, ricerca allo sfruttamento delle ricchezze e delle forze naturali del nostro mondo, l'uomo ha sempre considerato il bosco come una fonte quasi inesauribile di prodotti e di materie prime utili e indispensabili per la sua sopravvivenza, e anche come luogo particolare per lo svolgimento di deteminate attività.

Non possono sfuggire infatti neppure al primitivo abitante di questa terra le condizioni favorevoli alla vita e già sfruttate da altri animali (rifugio, protezione, alimenti, ecc.), ma non possono neppure sfuggirgli quelle sensazioni così specificamente umane di imprevisto, di ignoto da scoprire, di mistico isolamento, di maestosa religiosità offerte dalla imponente massa esterna delle foreste, dall'ombra cupa delle zone più fitte di vegetazione, dalle macchie di sole e dagli ambienti interni delle radure limitati dai colonnati dei fusti e dalle compatte pareti verdi delle fronde degli alberi più grandi.

Boschi e alberi sacri sono fondamentali nella vita religiosa di quasi tutte le più antiche comunità, e parecchi popoli dedicavano particolari essenze alle diverse deità (palma, olivo, quercia, alloro, ecc. hanno ancora oggi per noi un significato vivo) e rendevano sacri gruppi di alberi (come il « lucus » romano) che arrivavano persino ad avere a volte il privilegio dell'asilo (tele vermiglie ne definivano i limiti).

Ma essi sapevano già, fra l'altro, che il bosco ha anche un'importante funzione equilibratrice nell'idrografia e nel clima della regione, e greci e romani, per esempio, avevano nel loro ordinamento categorie di — diremmo oggi — ispettori forestali incaricati appunto di curare e proteggere il patrimonio boschivo considerato come bene pubblico.

Nei secoli passati troviamo il bosco variamente usato fra le due condizioni estreme di completo taglio e distruzione (quasi sempre per la ricerca di nuovi terreni da destinare alla coltivazione e all'abitazione, o per uso eccezionale del legname) e di protezione assoluta (è noto che nella seconda

Fig. 7 - Il caratteristico ambiente-foresta in Addis Abeba (1938).

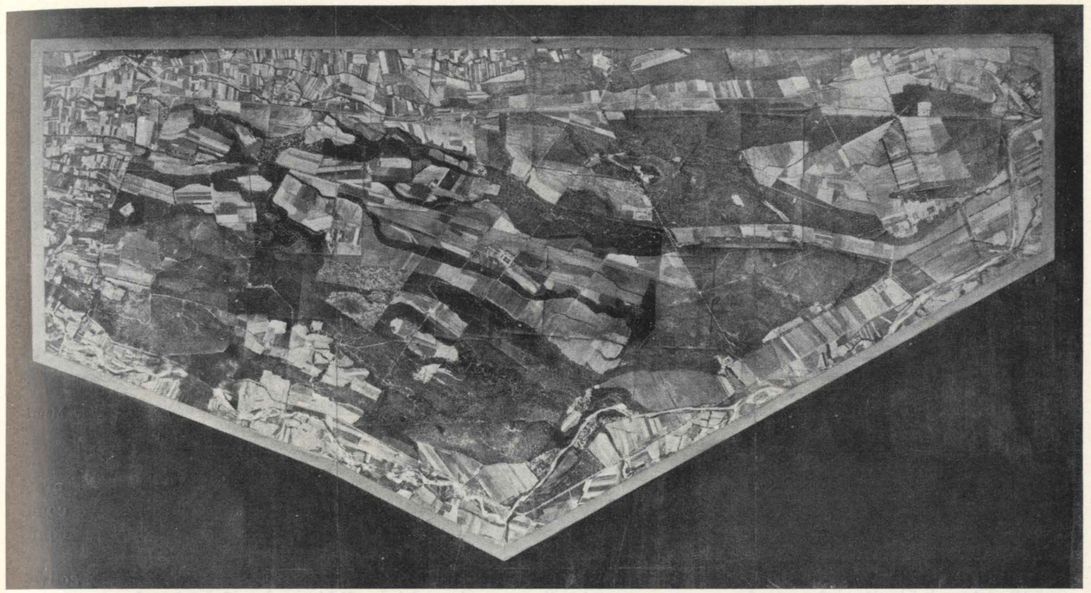


Fig. 8 - La tenuta « La Mandria » a Venaria Reale. È chiaramente visibile la sequenza dei boschi naturali e dei coltivi in grandi appezzamenti. Al di fuori della tenuta il fittissimo mosaico dello spezzettamento agricolo privato.

metà del 1500 Cosimo I decretava la proibizione di ogni genere di taglio di piante in alcune vaste zone dell'Appennino toscano); e man mano aumentano le possibilità di scambi fra i vari paesi vengono commerciate su vasta scala particolari e pregiate essenze legnose e alcune, molte volte, sono anche introdotte come nuove piante vive in ambienti naturali prima completamente privi di quegli esemplari (il pino domestico pare sia stato importato come albero da giardino a Roma verso il 250 a. C.).

A questo proposito, caratteristi-

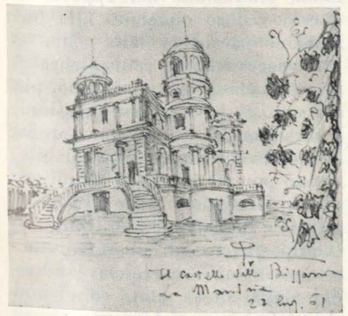


Fig. 9 - Uno dei luoghi di ritrovo costruiti da Vittorio Emanuele II nella Mandria (il castello della Bizzarria).

ca dal punto di vista paesistico è la zona di Addis Abeba, prima con pochissimi alberi isolati (acacie ombrellifere, sicomori, ecc.) e con qualche arbusto come ancora adesso si nota in gran parte della regione circostante, poi diventata una vera e propria foresta di eucalitti dopo che Menelik ne importò e piantò numerosi i primi esemplari (fino ad allora del tutto sconosciuti, e infatti il nome indigeno dell'eucalitto è « barzaf », cioè pianta d'oltremare) che trovarono in sito un terreno e un clima ideali per il loro rapido sviluppo e la loro riproduzione, tanto che ancora qualche tempo fa il verde degli alberi dominava incontrastato sulla massima parte dell'ambiente urbano della capitale etiopica.

Nei terreni più soggetti alle attività umane, quindi, il bosco spontaneo misto naturale — quand'esso rimane — poco per volta cede il posto alla fustaia naturale (ancora mista o pura, ma sempre disetanea) dove però l'uomo esplica la sua opera di coltivazione nella ricerca di valorizzare determinate essenze a lui più utili e dove l'ambiente interno viene curato in modo da facilitare la produzione di quanto è necessario.

Nei secoli passati, per esempio, l'aumento di alberi particolari, specialmente quercie e ontani, ha caratterizzato una trasformazione dei boschi dell'Ordine Mauriziano a Stupinigi (in quanto quelle essenze erano molto richieste dai cantieri navali di Genova e della Liguria) trasformazione seguitata poi in tempi più recenti con l'abbandono di quelle piante per lasciare il posto al pioppo di più rapida crescita e di più facile vendita.

Sfoltimento delle zone più dense, pulizia periodica (annuale) del sottobosco, piantamento o semina di determinati tipi di alberi, sbrancamento ciclico, taglio preordinato di individui maturi ed eliminazione o cura di quelli malati, tracciamento di sentieri e piste per il trasporto dei prodotti e dei mezzi d'opera, sono le normali operazioni che l'uomo esegue per rendere il bosco spontaneo più aderente ai propri bisogni.

Esso però, come abbiamo già accennato, conserva in questa prima trasformazione i suoi caratteri fondamentali: essenze legnose di tipo vario e diversa età degli alberi; caratteri che si riflettono anche nel sistema del taglio che avviene sempre in modo saltuario

Fig. 10 - Fustaia industriale (pioppi), vista parallela ai filari (Ordine Mauriziano, Stupinigi).

Fig. 11 - Fustaia industriale (pioppi), vista obliqua (Ordine Mauriziano, Stupinigi).

solo là dove esistono piante mature o per far posto a individui nuovi, e cioè tale da non turbare il complesso equilibrio biologico generale del bosco che mantiene perciò nel tempo ancora intatte le sue più evidenti caratteristiche paesistiche di massa, di colore, di modellazione.

Il taglio saltuario aumenta invece molto la mutevolezza degli ambienti interni al bosco, variando ogni anno posizione, forma e ampiezza delle radure che a volte risultano anche di notevoli dimensioni per il taglio cosiddetto « a lotti », e dove ciclicamente avvengono la preparazione del terreno reso libero e le piantagioni di nuovi esemplari — molte volte tratti già più o meno sviluppati da appositi vivai — e che sovente devono essere protette e recinte specialmente nei primi anni di vita.

Quasi ovunque — come diffusione e importanza dell'elemento in studio — nei nostri territori troviamo, in un ciclo di anni abbastanza lungo, una più o meno lenta ma costante diminuzione delle aree boschive, dove l'abbattimento totale delle piante lascia il posto a culture agricole più redditizie o a usi diversi.

Qualche volta invece, sempre nel passato, notiamo come si tenda a riformare anche là dove non esisteva o dove era ridotto a minime dimensioni e per particolari ragioni contingenti, il bosco naturale nella sua forma più spontanea e più aderente ai fattori climatici e territoriali.

Per esempio, nella seconda metà del secolo scorso (1861-63) Vittorio Emanuele II acquistava a Venaria Reale, vicino a Torino, le tenute demaniali de « La Mandria » e parecchi altri notevoli appezzamenti di terreni coltivi privati in modo da raggrupparli in un unico grande comprensorio di circa 3000 ettari di superficie, molto vario e accidentato, percorso da vallette e piccoli corsi d'acqua, nell'intento di farne una grande riserva di caccia.

A questo scopo recinse la tenuta con muro continuo (circa 26 km di lunghezza), demolì cascine per altro già vecchie, costruì laghi artificiali con dighe in terra, eliminò terreni coltivati ma poco produttivi e riformò con grandi piantagioni l'ambiente del bosco naturale inframmezzato da prati e da campi, percorso da sentieri (le cosiddette « rotte » di caccia), costruì qualche tipico luogo di ritrovo e introdusse numerosi animali selvatici di grande taglia (caprioli, daini, cervi, ecc.). E quel caratteristico complesso ha resistito integro fino ai giorni nostri, sia pure con qualche variazione interna intesa ad aumentarne il reddito agricolo, ma che non altera in modo fondamentale la sequenza originaria degli appezzamenti boschivi e di quelli coltivati.

È da notare, infatti, che specialmente nelle grandi tenute abbastanza frequenti in Piemonte, e anche su terreni appartenenti a proprietari diversi ma formanti un comprensorio agricolo unico, uno dei caratteri paesistici fondamentali è dato appunto dalla sequenza di boschi, campi e prati in proporzione equilibrata come massa, come superficie e come successione di ambienti.

E di questo ne abbiamo convalida anche dal vincolo paesistico imposto dal Ministero della Pubblica Istruzione con decreto del 19 settembre 1966 (Dichiarazione di notevole interesse pubblico della zona circostante la palazzina di caccia di Stupinigi) sui terreni in proprietà dell'Ordine Mauriziano che porta tale sequenza come una delle più importanti ragioni del vincolo.

* * *

Ma l'uomo compie un altro passo avanti nell'intensificare lo sfruttamento del patrimonio boschivo.

In tempi più recenti l'industrializzazione è anche entrata nella silvicultura e ha sconvolto in molte regioni e in modo totale i caratteri tradizionali del bosco naturale, portando una notevole e profonda alterazione nell'apporto di questo vistoso elemento alla formazione paesistica della zona.

La necessità e la convenienza di avere alberi di uno stesso tipo, più o meno di medesime dimensioni, a un ritmo di produzione prefisso e preventivamente calcolabile, hanno portato in questi ultimi anni alla formazione della cosiddetta « fustaia industriale » di tipo puro (composta cioè di piante di una essenza sola) e coetaneo (individui della stessa età), condizioni che definiscono subito una massa di verde molto uniforme per altezza, modellazione, colore, in tutto

diversa da quella che avevamo visto dominare per la fustaia mista naturale.

Ma altri fatti concomitanti si sono aggiunti ai precedenti: il notevole aumento del costo della mano d'opera e la diminuzione dei braccianti agricoli hanno reso quasi impossibili le annuali operazioni di pulizia del sottobosco naturale e hanno imposto anche per questo genere di lavori l'uso delle macchine; pure con mezzi motorizzati avvengono ora la preparazione del terreno, il piantamento degli alberi, il taglio, l'estrazione delle ceppe; di conseguenza l'impianto del bosco è diventato rigido, si è geometrizzato con l'allineamento delle piante su filari paralleli e con la costanza nella distanza fra i vari individui messi a dimora.

Inoltre la possibilità di sfruttamento, anche soltanto periodico e con speciali culture, del terreno rimasto libero fra un filare di piante e l'altro ha portato al maggior distanziamento fra i filari, cosa che rende più facili anche le operazioni meccanizzate di piantamento, di coltivazione e di taglio degli alberi che vengono già sezionati in sito in tronconi di uguale lunghezza.

Infine, per lo meno da noi, le vaste possibilità offerte dal mercato dei tronchi e la relativa facilità di coltivazione con spese ridottissime, hanno causato il moltiplicarsi nelle campagne di appezzamenti anche piccoli e frammentati in cui le normali culture cerealicole sono state sostituite dalle fustaie industriali che così interrompono con macchie compatte di alberi la piatta e a volte eccessivamente monotona visione delle pianure prima totalmente coltivate con gli avvicendamenti caratteristici dei campi e dei prati, disegnati talora da semplici filari di piante lungo i confini o ai lati di piccoli corsi d'acqua.

Con tutto ciò è evidente che la fustaia industriale adulta acquisti nella sua massa caratteri paesistici nuovi e completamente diversi da quelli del bosco tradizionale già analizzati, e quei caratteri siano anche dipendenti dalla posizione dell'osservatore, a seconda cioè se la visione dall'esterno avvenga perpendicolarmente o parallelamente alla direzione dei filari.

Prima di tutto alla massa compatta che nasceva da terra fa riscontro qui una perfetta individuabilità delle parti basse dei fusti degli alberi portata dalla completa mancanza della vegetazione secondaria (arbusti, cespugli, frutici, ecc.) che formava il sottobosco e che fino a una certa altezza

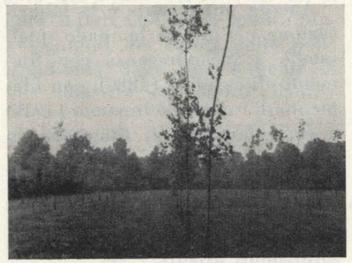


Fig. 12 - Fustaia industriale (pioppi) nei primi anni di vita, elemento paesistico inafferrabile (Ordine Mauriziano, Stupinigi).

contornava e nascondeva la base dei tronchi.

Poi nella visione perpendicolare ai filari ci si trova di fronte a un vero e proprio muro di verde che nasce improvviso, verticale, continuo e compatto, di altezza uniforme e quasi senza modellazione alcuna, avente appena accennato il costante susseguirsi dei tronchi posti a distanza uguale e allineati; nella visione parallela ai filari, invece, la continuità del muro si spezza in una sequenza uniforme di vuoti e di pieni, dove prevalgono di solito i vuoti, e dove le testate di ogni filare ricordano la successione regolare di un colonnato architettonico.

E anche quando la visione avvenga da direzioni diverse dalle ortogonali a cui abbiamo accennato, i nuovi caratteri sono sempre avvertibili in maggiore o in minor misura, e sono in ogni caso perfettamente percettibili la geometria e l'uniformità ripetuta dell'impianto planimetrico.

La visione dall'interno muta anch'essa completamente; sono scomparse le schiarite e le radure formanti pittoreschi ambienti irregolari e chiusi perimetralmente in cui l'effetto sorpresa era dominante, e al loro posto si sostituisce una visione libera su tutto l'arco di orizzonte, sia pure interrotta dagli isolati tronchi degli alberi susseguentisi a ritmo ricorrente come le colonne della moschea di Cordoba; anche qui, cioè, domina incontrastato lo schema rigido e geometrico.

Ma vi è un altro fatto importante da tenere presente: la fustaia industriale, per le sue stesse caratteristiche di impianto e di sfruttamento deve essere rinnovata periodicamente per taglio totale; così (per lo meno per il pioppo molto diffuso in Piemonte) con cicli regolari di 10-12 anni, e perciò anche abbastanza rapidi, assistiamo alla tipica sequenza di un effetto paesistico molto variabile, e precisamente: prato con alberelli appena piantati e quasi invisibili (2-3 anni); prato con alberi di media altezza che possono formare tenue cortina ma non massa compatta (3-4 anni); fustaia sviluppata con tutte le caratteristiche che abbiamo ricordato (4-5 anni); prato.

È evidente quindi che non si possa fare affidamento, in una qualsiasi composizione paesistica, su un fattore così rapidamente e profondamente variabile e che in così poco tempo passi da una chiusura quasi completa del settore di orizzonte impegnato a un'apertura altrettanto completa dello stesso settore; caratteri che si contrappongono nettamente a quelli di stabilità e continuità nel tempo, tipici del bosco naturale.

Appare perciò giustificata la necessità, in sede di piano regolatore, di completare le prescrizioni relative ai vincoli verdi con le indicazioni sul tipo di impianto e di conduzione delle masse alberate principali alle quali si richieda una funzione che esca dallo stretto ambito agricolo per inserirsi nel più vasto contesto paesistico.

Giorgio Rigotti

BIBLIOGRAFIA

La Mandria, Genova, 1939.

A. Merendi, *Il problema dei rimboschimenti nelle regioni del Mediterraneo*, Firenze, 1933.

Tsuyoshi Tamura, *National Parks of Japan*, Tokyo, 1957.

J. Ormsbee Simonds, *Landscape Architecture*, New York, 1961.

R. Biasutti, *Il paesaggio terrestre*, Torino, 1962.

INFORMAZIONI

Premesse per uno studio sulla resa in colore delle sorgenti luminose artificiali

GIOVANNI M. GISLON esegue alcune considerazioni intorno alle sensazioni di colore suscitate da luci dirette e riflesse ed esamina un modo di determinare la resa in colore delle luci stesse.

Una certa sensibilità, intesa come possibilità di giudizio sulla resa in colore delle sorgenti luminose non è in genere molto diffusa, se si eccettuano casi particolari, laddove vi siano speciali esigenze, quali quelle, ad esempio, esistenti nel campo delle vernici, dei tessuti e simili.

Le ragioni di quest'affermazione sono molteplici. Principalmente il problema non viene posto e anche

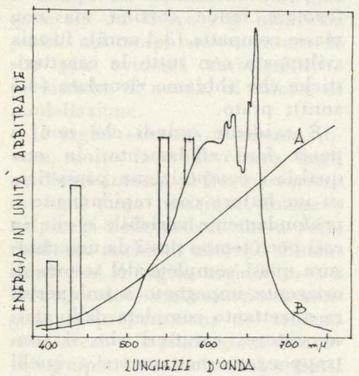


Fig. 1 - Distribuzione dell'energia.
A) lampade a filamento di tungsteno; B) lampada a filamento tipo bianco caldo.

ammesso che venga posto occorre una sorgente campione che dia le rese in colore ottime per quel dato scopo e che possa quindi essere paragonata alle varie luci da esaminare. Un'altra fonte di difficoltà è la soggettività della risposta dell'occhio umano.

Se poi ci soffermiamo a considerare la storia della colorimetria, vediamo che i primi studi ed esperimenti furono eseguiti da Newton intorno al 1700, il quale formulò delle leggi e propose degli schemi ripresi e chiaramente esplicati circa centocinquanta anni dopo.

Diedero impulso alla colorimetria anche Goethe, Schopenhauer, Young, Dalton, Maxwell, Rayleigh, Schrödinger, Ostwald ecc. Quasi tutti famosi per ragioni diverse dalla colorimetria.

Ancora più recente è la fabbricazione e l'uso di lampade quali quelle a incandescenza con filamento di carbone (1880), con filamento di tungsteno in vuoto (1910) e con filamento di tungsteno in gas (dopo il 1920).

Dalle precedenti considerazioni si può capire come la colorimetria sia una scienza recente e nuova sotto molti aspetti.

Prendendo in esame due sorgenti luminose quali una lampada a incandescenza e una lampada tubolare fluorescente del tipo « bianco caldo », esse sembrano molto simili, benchè abbiano una distribuzione spettrale diversa, come appare dalla figura 1, nella quale sono riportati i diagrammi dell'energia in funzione della lunghezza d'onda, relativi alle due sorgenti, a parità di flusso emesso.

Ciò è dovuto all'azione « integrativa » dell'occhio umano, che fa apparire le due sorgenti dello stesso colore. Questo modo di comportarsi dell'occhio è nettamente differente da quello dell'orecchio, infatti un uditore di una certa pratica riesce a distinguere nel suono udito le relative componenti.

L'occhio quindi apprezza solo il colore totale risultante di una luce composta. Per questo motivo le due luci sopradette appaiono uguali.

Nel caso particolare, inoltre, la maggiore emissione di tutte e due le sorgenti luminose avviene nella banda del colore rosso, intorno ai 650 mμ e, pur corrispondendo a ogni lunghezza d'onda un ben determinato colore, accade che, da poco sopra i 600 mμ fino a circa 760 mμ non risulta apparentemente alcuna variazione nel colore.

Molto differenti, invece, sono le stesse luci riflesse da una superficie verde o bleu, che rinviano gran parte della luce incidente di lunghezze d'onda intorno a 520 e 480 mμ rispettivamente, mentre è trascurabile l'energia riflessa in tutto il restante intervallo del campo visibile.

Può altresì capitare che due sorgenti luminose, aventi una distribuzione spettrale molto diversa, diano luogo a luci riflesse molto simili quando illuminino superfici di particolari colori. È il caso della lampada a incandescenza e della lampada a vapori di mercu-

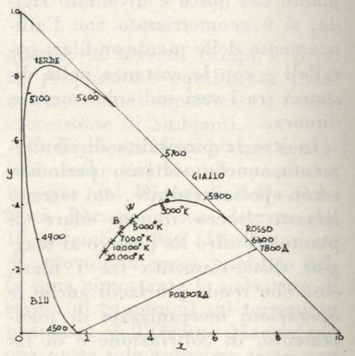


Fig. 2 - Triangolo dei colori.
A) lampade a incandescenza; B) luce del cielo.

rio con cui si illumini una carta verde.

Secondo la colorimetria tricromatrica, che si basa sulla equivalenza delle sensazioni date da una luce qualsiasi e una miscela, in opportuni rapporti, di tre colori assunti come fondamentali, i colori sono definiti da tre grandezze indipendenti e si possono rappresentare nello spazio a tre dimensioni.

Mediante il triangolo internazionale dei colori C.I.E. (1), che tiene conto della risposta dell'occhio medio di fronte a luci di differenti lunghezze d'onda, si può passare dalla distribuzione spettrale di una data luce alla sua rappresentazione piana, mediante un punto situato all'interno di detto triangolo, fig. 2.

(1) Commission International de l'Eclairage, Sessione del 1931.

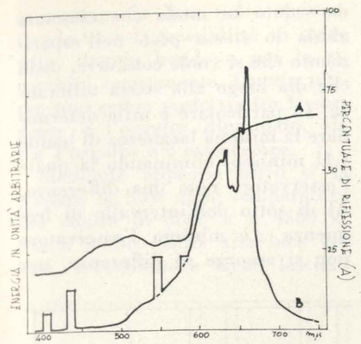


Fig. 3.
A) fattore di riflessione spettrale della pelle umana (guancia europea); B) distribuzione spettrale della luce di una lampada fluorescente tipo bianco caldo riflessa dalla pelle umana.

La linea curva centrale rappresenta la emissione del « corpo nero », graduata in temperature assolute. I punti rappresentanti i colori sono racchiusi dalla linea da colori spettrali, graduata in A (armstrong).

Per avere la distribuzione spettrale di una luce riflessa basta moltiplicare il fattore di riflessione spettrale della superficie in oggetto, $\varepsilon(\lambda)$ funzione della lunghezza d'onda, per la relativa energia spettrale $E(\lambda)$ della luce incidente.

La scelta della luce adatta può avere in alcuni casi molta importanza; ciò ad esempio avviene nel caso di una sala operatoria, come si può constatare durante la progettazione dell'impianto di illuminazione di un ospedale. Lo stesso dicasi per la sala anestesia, camere pazienti, e in genere dove è prevista una visita medica.

Si può allo scopo utilizzare il fattore di riflessione spettrale della pelle (guancia Europea), mediante il quale si riesce ad avere la distribuzione spettrale della luce riflessa, essendo nota la luce incidente.

Illuminando la pelle umana con la lampada tipo « bianco caldo » prima menzionata, essa darà la luce riflessa la cui distribuzione spettrale è data dal prodotto di $E(\lambda)$, fattore di riflessione spettrale della pelle, per la curva B di fig. 1.

Il risultato è riportato nella figura 3, curva B.

Come si nota, la pelle riflette maggiormente le lunghezze d'onda superiori a 600 mμ, zone dello spettro che avevamo detto essere in media e agli effetti sensitivi dell'occhio umano ugualmente coperto sia dal tubo fluorescente tipo « bianco caldo », sia dalla lampada a incandescenza.

Eseguendo la medesima operazione con la luce a incandescenza e riportando i risultati sul triangolo dei colori C.I.E. (fig. 4), si nota infatti che i due punti rappresentanti dei colori della pelle illuminata dalle due sorgenti di luce sono tra loro molto vicini.

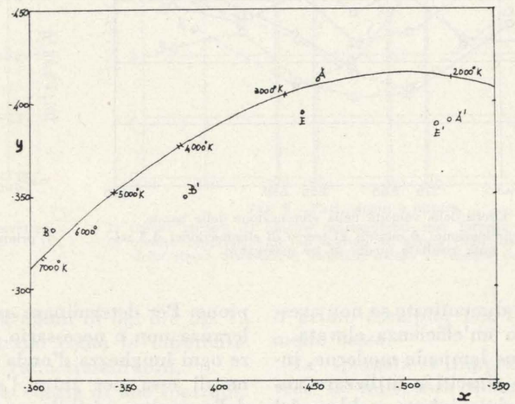


Fig. 4 - Particolare del triangolo dei colori.
A) lampada a incandescenza; B) luce del cielo; E) lampada fluorescente tipo bianco caldo; A' B' E') pelle umana illuminata da A, B, E.

Diversa è invece la sensazione di colore, sempre usando lo stesso procedimento e il triangolo dei colori, quando la pelle sia osservata alla luce del cielo.

Giunti a questo punto ci si può domandare quale sia la tolleranza ammessa da un osservatore « specializzato », quale un anestesista o un chirurgo nei riguardi della sensazione di colore suscitata dalla pelle umana sotto le varie luci esaminate.

Viene poi da chiedersi quale affidamento si possa fare sulle sensazioni di colore determinate a mezzo del triangolo dei colori, che è bensì basato sulla risposta dell'occhio medio, ma non tiene conto per esempio della storia dell'occhio prima della valutazione di una sensazione di colore, cioè del necessario adattamento, nè dà una rappresentazione proporzionale delle differenze di colore, come sono viste dall'occhio. È ancora trascura l'operazione molto complessa, ma di indubbia esistenza, la quale fa sì che si giudichi dello stesso colore una superficie colorata osservata sotto la luce del giorno e sotto luce artificiale, per esempio di una lampada ad incandescenza, anche se in realtà si hanno, nei due casi, colori molto diversi, come si può anche determinare mediante lo stesso triangolo dei colori.

Queste considerazioni ci portano a determinare la minima variazione della luce incidente su un oggetto, che provochi una reazione nell'osservatore. Cosa che si può attuare ad esempio stabilendo in via sperimentale e diretta una tolleranza nella variazione della energia, rispetto al livello ottimo, nelle bande di frequenza in cui si è diviso lo spettro visibile, oltre la quale l'occhio si accorge di una differenza.

Il problema della resa in colore si presenta in modo evidente quando si usino le lampade fluorescenti.

Infatti la lampada fluorescente ha una emissione dovuta in gran parte alla fotoluminescenza delle polveri di cui è internamente rivestito l'involucro di vetro ed eccitate dalle radiazioni ultraviolette generate dalla scarica nel vapore di mercurio ed essendo di-

verse le sostanze usate si possono ottenere tante distribuzioni spettrali quante sono le polveri e le loro miscele.

Volgendo lo sguardo alla breve storia delle lampade fluorescenti si nota che le prime costruite differivano in tale modo dalla luce del giorno e dalla luce emessa dal radiatore integrale, che erano del tutto trascurate e sarebbero state

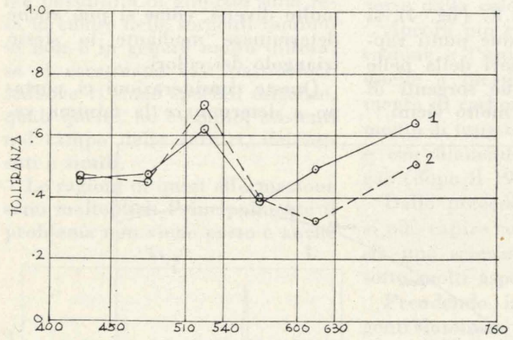


Fig. 5 - Effetti della velocità della eliminazione delle bande.
1) tempo di eliminazione: 6 minuti; 2) tempo di eliminazione: 1,5 minuti; risultato medio su tre osservatori.

a quella della luce del giorno e a quella del radiatore quasi integrale qual'è la lampada a incandescenza a filamento di tungsteno.

Come già accennato e ammesso di riferirsi alla luce del giorno o del radiatore integrale a una data temperatura come alla sorgente campione, cosa essenziale è stabilire di quanto una sorgente luminosa possa differire da quella campione. Per determinare questa tolleranza non è necessario esaminare ogni lunghezza d'onda o frazione di essa per tutta l'ampiezza dello spettro visibile, ma si può procedere per bande di frequenza.

Per definire lo spettro di una luce bastano infatti un certo numero di bande di frequenza, per esempio, otto, come la stessa C.I.E., più sopra menzionata, stabilì nel 1948.

Altri sperimentatori ridussero a sei il numero di bande: questo ovviamente dipende anche dai risultati che si vogliono ottenere e dagli scopi che si perseguono.

Occorre quindi determinare sperimentalmente la tolleranza ammessa in ognuna delle bande di frequenza in cui si è diviso lo spettro visibile. Per questo è necessario sapere quali gruppi di frequenze assegnare a ciascuna banda, cosa che si potrebbe risolvere dividendo equamente il numero di lunghezza d'onda contenuto nello spettro visibile per il numero delle bande in cui lo stesso si vuole dividere. Più logico però è scindere lo spettro nel numero di bande voluto in modo che ciascuna abbia lo stesso peso nell'esperimento che si vuole condurre, ossia che dia luogo alla stessa tolleranza. In particolare è utile determinare la minima larghezza di bande ($\Delta\lambda$ minimo) eliminando la quale l'osservatore nota una differenza. Al di sotto dell'intervallo di frequenza $\Delta\lambda$ minimo l'osservatore non si accorge di differenze, per cui si dirà che la tolleranza è nulla.

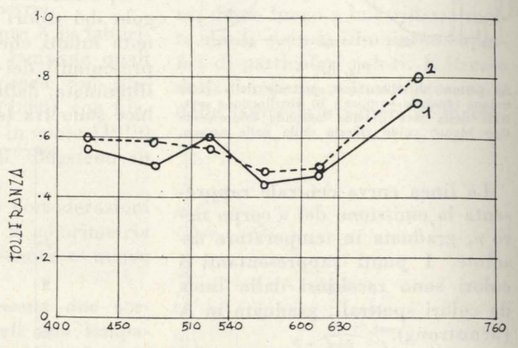


Fig. 6 - Validità delle misure nel tempo.
1) prima misura; 2) seconda misura; risultato medio su diversi osservatori.

Ciò può essere ottenuto mediante successive prove eseguite con diversi osservatori, affinchè il risultato sia statisticamente attendibile, mediante le quali, con successive approssimazioni, si raggiunge l'equivalenza o ugual peso delle bande.

Si è rivelato opportuno, durante la progettazione dell'impianto di illuminazione di un ospedale, ricorrere a dei risultati ottenuti dal « National Physical Laboratory, Teddington - England », dei quali qui di seguito viene riportato qualche esempio.

È stato realizzato l'esperimento seguente, per il quale occorrono tre elementi essenziali: una sorgente luminosa, un oggetto da scegliere come test e degli osservatori.

La sorgente deve avere una distribuzione spettrale continua e tale da poter essere variata in ogni modo desiderato. Ciò è realizzato mediante una sorgente a filamento di tungsteno ad alta efficienza e mediante un apparato essenzialmente formato da prismi, che

scomponga la luce nello spettro, dando così la possibilità di agire sulle singole bande e poi le ricombini nuovamente. Questo ultimo può essere posto sia tra la sorgente e l'oggetto illuminato, sia tra l'oggetto e l'osservatore.

Mediante apposito filtro si fa passare la luce dalla temperatura del colore di 3000 °k a 4500 °k, che è molto vicina alla luce del sole. L'osservatore viene lasciato

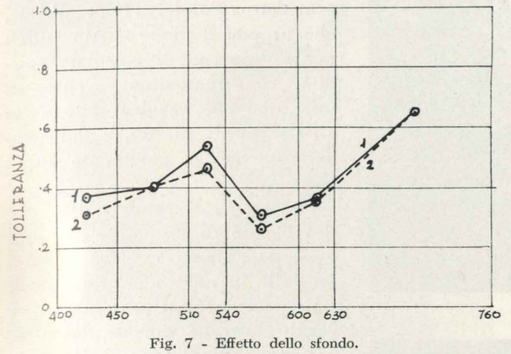


Fig. 7 - Effetto dello sfondo.
1) sfondo nero; 2) sfondo bianco; risultato medio su cinque osservatori.

alcuni minuti davanti all'oggetto scelto per la prova e illuminato dalla sorgente in modo da acquistarne una memoria, l'ampiezza di ciascuna banda essendo stata assunta come appare nella fig. 5.

La velocità di eliminazione di ogni banda è tale che in sei minuti e gradualmente, questa venga a mancare totalmente. Quando l'osservatore denuncia una differenza della visione iniziale, la eliminazione della banda viene sospesa e si legge quale frazione di banda è stata eliminata. Questa quantità viene chiamata tolleranza..

Sei minuti è il tempo minimo di eliminazione di banda al di sotto del quale l'osservatore ha una percezione dinamica del cambiamento, anzichè statica.

Tale operazione viene effettuata per tutte le bande e per diversi osservatori. Il risultato è riportato in figura 5, dove si vede con linea continua la spezzata rappresentante l'esperimento con tempo di eliminazione pari o maggiore di sei minuti e con linee tratteggiate la spezzata rappresenta l'esperimento eseguito con tempo di eliminazione pari a un minuto e mezzo.

Per quanto riguarda il livello d'illuminamento si è notato che i risultati non differiscono di molto per l'intervallo che va da 40 a 200 lux circa, mentre sono sensibilmente diversi al di fuori di tale intervallo.

Sulla precisione e attendibilità delle misure eseguite e sull'importanza dello sfondo si riportano i due diagrammi di fig. 6 e fig. 7, che mostrano come le differenze siano del tutto trascurabili.

Il primo consta di due spezzate, delle quali, quella a tratto continuo si riferisce a una prova eseguita vari mesi prima dell'altra.

Nel secondo, fig. 7, vediamo ancora tracciate due spezzate: quella tratteggiata è il risultato della prova eseguita quando il contorno dell'oggetto-test sia bianco, mentre l'altra è relativa e sfondo nero.

Si può notare come i diagrammi confermino, l'uno l'attendibilità delle prove nel tempo, l'altro la poca influenza dello sfondo durante la prova.

È interessante esaminare i risultati ottenuti in dipendenza delle caratteristiche o meglio del tipo dell'oggetto assunto come test.

Si notano differenze di risultati dovuti non solo alle diversità di composizione del colore, ma anche a cause psicologiche, come accade quando un oggetto è considerato particolarmente interessante o curioso.

Si osserva nella figura 8 la spezzata n. 1 quando come oggetto della prova sia stato scelto una cosa senza particolare significato, come del panno non lavorato.

Le spezzate 2 e 3 sono relative rispettivamente a un dipinto rappresentante una scena campestre (fattoria) a tonalità medie e a un mulino ad acqua a toni molto vivi. Come si nota, la differenza di tolleranza, passando dalla prima alla terza spezzata è notevole, mentre vi è molta tolleranza per il primo esempio, per l'ultimo è molto bassa.

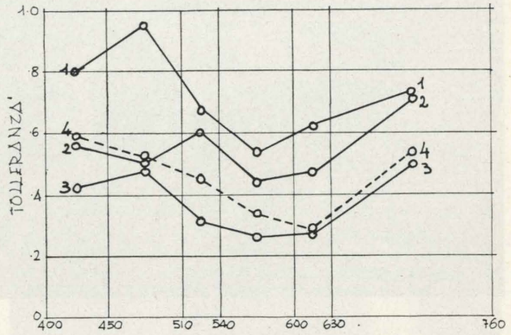


Fig. 8 - Vari oggetti e pitture.
1) panno grezzo; 2) quadro rapresentante una fattoria (toni medi); 3) quadro rappresentante un mulino ad acqua (toni vivi); 4) faccia dello stesso osservatore; risultato medio su cinque osservatori.

La spezzata 4 rappresenta invece la tolleranza ammessa dall'osservatore nelle diverse bande quando come oggetto si scelga la faccia dell'osservatore stesso. Come si vede, specie sopra i 600 mμ, si ha una tolleranza molto vicina a quella della terza, cioè proprio quella per cui la variazione della luce della sorgente tipo deve essere minima.

Quest'ultimo risultato è di particolare interesse in relazione all'illuminazione ospedaliera e indica come lo studio della resa in colore delle sorgenti luminose sia molto appropriata nei casi relativi a visite mediche, dove l'aspetto o il colorito della pelle umana ha un ruolo importante.

Giovanni M. Gislon

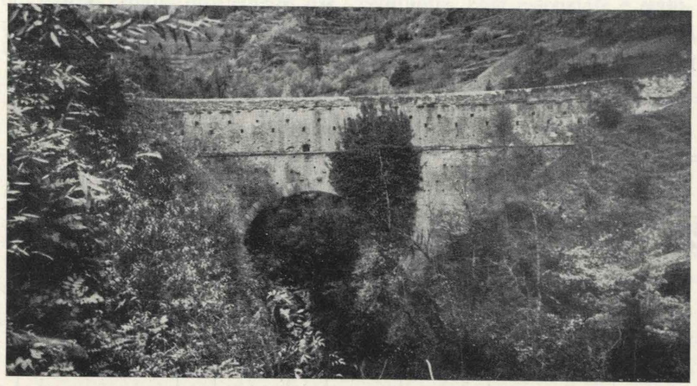
BIBLIOGRAFIA

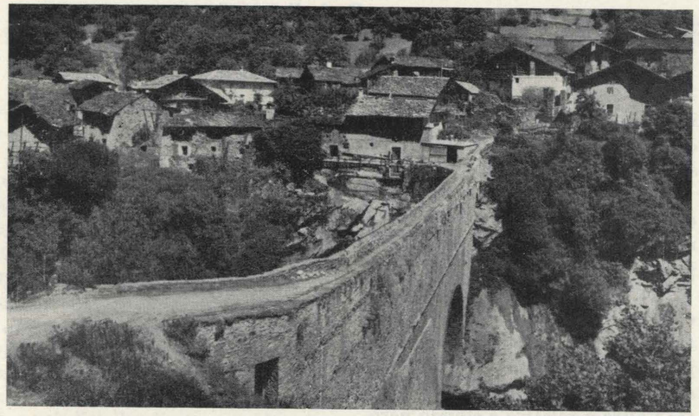
1) P. J. Bouma, *Phisical aspects of colour*, N.V. Philips Gloeilampenfabrieken 1947, Eindhoven - Netherlands.

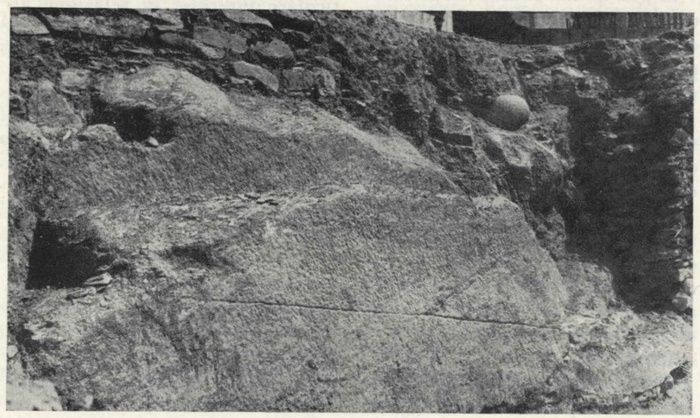
2) *Hospital lighting*, R. G. Hopkinson, PhD, Miee, Fies, D.S.I.R. Building Research Station, 1964, Garston, Watford, England.

IL PONTE ROMANO DI PONDEL

AUGUSTO PEDRINI, ci manda come al solito documentazioni fotografiche preziose. Nell'attuale invio rammenta che, a proposito del ponte romano di Pondel, « da circa due anni, durante lavori di scavo della Soprintendenza ai Monumenti di Aosta, vi rinvenne a monte un sottopassaggio o piccola galleria che a quanto pare dovrebbe inserirsi nel ponte stesso e che sono in corso degli studi e accertamenti che forse si protrarranno per qualche tempo ». Prossimamente, riferirà sui rinvenimenti previsti con le relative conclusioni dell'ufficio competente.







Attraversato con lieve salita l'abitato di Aymavilles, che è a circa 8 km. da Aosta, la strada fa un gran svolto verso levante passando nei pressi del castello-villa, per ripiegare a ponente dove incrocia con un'altra strada, ora resa carreggiabile, che scende ripida nello stretto vallone di Cogne nel quale scorre il torrente « Grand'Evia » (grand'acqua).

La strada termina col villaggio ora detto Pondel (Pont d'Aël), che prende il nome da un antico ponte Romano di calcolata solidità, conservatissimo, avente un solo arco che cavalca il torrente all'altezza di m. 56,20 dal pelo delle acque al pavimento superiore.

Lo storico Durandi scrisse che il villaggio di Pondel, nei tempi bassi, si chiamava *Vicus Cuniae*. La valle in questo punto è angusta da formare un profondo e selvaggio burrone difficile da attraversare a piedi, perciò il ponte era ed è indispensabile per raggiungere i due fianchi della montagna.

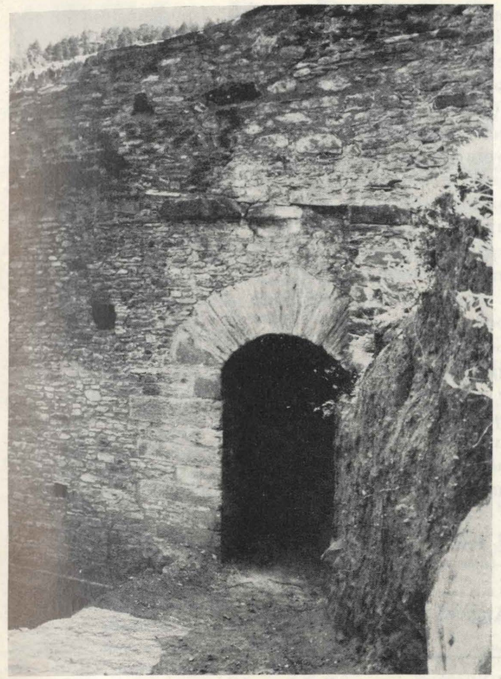
Lo fecero costruire due pretoriani di origine padovana (*patavinus*) che vollero tramandare ai posteri questo monumento che ha del prodigioso, con un'iscrizione lunga m. 4,47 scolpita su tre massi di tufo calcare sorretti da quattro modiglioni tra l'arco e la fascia detta cordone, sulla elevazione a valle (verso la Dora) [1].

[1] Al fiume Dora venne aggiunto il denominativo di Baltea dal punto dove il torrente Buthier (dagli antichi detto Balteus e poi Butyez) ne versa le acque.

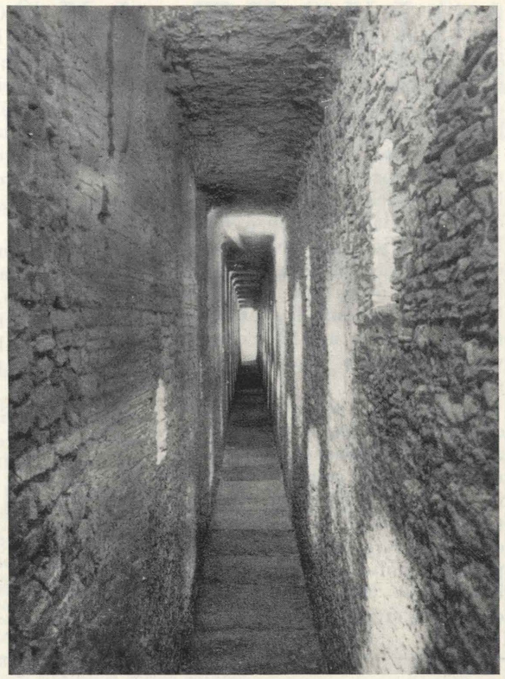
(*foto in alto*) Veduta del ponte d'Aël o Pondel col passaggio agreste, prima dell'intervento della Soprintendenza ai Monumenti di Aosta per la pulitura e riadattamenti.

(*foto centrale*) Il ponte di Pondel com'è ora dopo un adeguato pulimento. L'impostazione dell'arco è su grandi rocce che l'impeto millenario delle acque ha lasciate intatte. La porta di sinistra è stata un passaggio occulto alla galleria del ponte (descritta da un valligiano che incontrai a Donnaz che vi si nascose con altri partigiani durante l'ultima guerra).

(*foto in basso*) Inizio del ponte dal borgo di Pondel. Grande roccia scalpellata con tecnica romana per limitare e rafforzare il sentiero comunicante con la galleria. La locale Soprintendenza sta facendo degli scavi per scoprire le strutture coperte da terricio e pietrame e per consolidare i passaggi divenuti pericolosi in seguito a ripetute frane; per migliorare la località è quasi certo che verrà demolita la casetta soprastante.



Porta della galleria verso monte (altezza m. 2,50 e larghezza m. 1,20). Dall'arco al parapetto notasi un muro irregolare, cioè rifacimenti alla rinfusa di cui neppure il Promis chiarì la necessità.



Interno della galleria, del ponte di Pondel, col pavimento a lastre di pietra solo ravvicinate. Piccole finestre alternate diffondono la luce pur riparando dai venti.

Eccone il testo:

IMP. CAESARE AUGUSTO. XIII. CON.
DESIG. C. AVILLIUS. C.F.C. AIMUS.
PATAVINUS.

PRIVATUM

(Anno 749 di Roma, 3 prima dell'era nuova)

Il ponte per l'arditezza, per la singolarità della costruzione, per la perfezione dell'opera, tutta di pietrame, è considerato dagli archeologi come uno dei più importanti nella valle. Non era di pubblica utilità, ma privata avendolo ordinato a loro spese i due pretoriani. Questi dovevano essere ricchi e potenti: possedevano in comunanza molte terre dotate di una via di comunicazione così pratica.

Caratteristica fondamentale del ponte è di avere due tipi di passaggi orizzontali con pavimento di lastre di pietra ravvicinate, ben connesse senza malta, adatte ai lavaggi. Una inferiore, nell'interno, a guisa di corridoio; l'altra superiore scoperta; li separa in altezza una struttura lapidea dello spessore di m. 1,12. La via superiore serviva per il passaggio nella buona stagione di pedoni, quadrupedi e carriole, mentre il passaggio interno disimpegnava le stesse funzioni col cattivo tempo e nell'epoca delle nevi e dei ghiacci.

Il corridoio è lungo m 50,33, la parete a valle ha 15 finestrelle o feritoie, quella a monte solo 12 corrispondente ciascuna all'intervallo delle opposte. La larghezza dei passaggi è di m. 2,26, tolto lo spessore dei muri risulta di metri 1,085, sufficiente per il transito di due persone accostate.

È visibile l'arco in calcare a tutto sesto della porta di entrata alla galleria, dalla cui soglia al cordone si misurano m. 3,880. La malta di calce impiegata è durissima in concordanza con l'accuratezza di preparazione dei tecnici romani, come si legge nel trattato di Vitruvio.

A monte del territorio di Nus, esistono dei giacimenti di minute conchiglie pulitissime, che unite alla calce spenta, formano una malta durissima. È tradizione che i Romani se ne servissero, e così i muratori di tutti i tempi (ultimamente, nel 1938, vennero utilizzate per i restauri del castello di Fenis il cui *vicus* ai tempi di Roma era detto Phoenix).

Il ponte ebbe la fortuna di essere ubicato internamente alla valle di Cogne, defilato alla vista lungo le grandi strade di comunicazione, tant'è che è ignoto anche a molti valligiani.

Una lapide ricorda, infissa sopra la porta della casa comunale di Gressan, borgo poco discosto da Aymaville, uno dei pretoriani:

C. AVILLIUS. C. L. LUCRO.
SIBI. ET. FILLIAE.
PAULLAE. L. FLORAE.

Nel 1354 la famiglia era ancora padrona di parte delle avite terre, dichiarandosi vassalla del Conte Amedeo VI di Savoia, quando questi formò un feudo per il suo scudiero Aymone di Challant, signore di Fenis, il cui padre Goto-

fredo II rinunciò nel 1295 al titolo di Visconte di Aosta in favore del Conte. Era titolo senza sovranità ne giurisdizione, ma che procurò al figlio, con altri innumerevoli benefici, la signoria di Aimaville.

Era questo Aymone un personaggio sempre in movimento per le alte cariche ricoperte, tra le quali castellano di Lanzo (1332-1357), incarico che molto ambiva essendo allora Signora di Lanzo, Margherita di Savoia, vedova del Marchese Giovanni di Monferrato (1349), il quale nel 1295 chiamava Ebalo Magno « carissimo congiunto ».

Questa frase potrebbe chiarire o confermare una comune agnazione e di conseguenza la rassomiglianza dello stemma dei Monferrato con quello dei Challant (la quale ha l'aggiunta della banda nera trasversale). Erano tempi per noi molto oscuri, di segrete intelligenze come il loro motto « tout est et n'est rien ».

Aymone di Challant ebbe 12 figli tra i quali Peralia, spurio, che adulto divenne castellano di Anniviers, feudo dei Savoia, e Agaffino, spurio, che nel 1370 ottenne una somma di denaro per suo credito verso il Conte di Savoia (13 marzo 1370) nominato console e credenziario di Lanzo, esattore dei diritti di peso, pedaggio e Lejda (1380-85). Aymone salì in favore degli eventi, accumulando smisurate ricchezze, ciò che non gli consentivano le poche e magre terre della Valle (Giacosa).

Monsignore De Tillier, alto prelato di Aosta, fece presente nel suo volume *Historique* che tutti i nobili valdostani, verso i primi del secolo XVIII, « *n'ayant plus pu suffire a la dépanse avec leurs presente revenues, sont tombés dans l'abbaissement par l'alienation progréssive des leur domaines et des leurs rent* ».

Augusto Pedrini

REGOLAMENTAZIONE TECNICA

NUOVE UNIFICAZIONI

(pubblicate dal 1° luglio al 30 settembre 1967)

C.D. 01:001.811 - *Descrizioni e riferimenti bibliografici.*

UNI 6017-67: Descrizioni e riferimenti (fascicolo unico di 11 tabelle).

C.D. 414.82 - *Ortografia.*

UNI 6015-67: Segnaccento obbligatorio nell'ortografia della lingua italiana.

C.D. 621.822.6 - *Cuscinetti volventi.*

UNI 6033-67: Cuscinetti volventi - Piano generale per le dimensioni di ingombro dei cuscinetti assiali con sede piana (fascicolo unico di 9 tabelle).

UNI 6034-67: Id. - Piano generale delle dimensioni di ingombro dei cuscinetti radiali a rulli conici (fascicolo unico di 5 tabelle).

UNI 6035-67: Id. - Cuscinetti radiali, rigidi, ad una corona di sfere - Serie di dimensioni 00 - Sostituisce parzialmente UNI 3064.

UNI 6036-67: Id. - Cuscinetti radiali, a due corone di rulli cilindrici, con foro conico, per mandrini - Serie di dimensioni 30.

UNI 6037-67: Id. - Cuscinetti radiali, orientabili, a due corone di sfere, stagni, con foro conico - Serie di dimensioni 22 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6038-67: Id. - Cuscinetti radiali, orientabili, a due corone di sfere, stagni - Serie di dimensioni 23 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6039-67: Id. - Cuscinetti radiali, orientabili, a due corone di sfere, stagni, con foro conico - Serie di dimensioni 23 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6040-67: Id. - Cuscinetti radiali, orientabili, a due corone di sfere, stagni - Serie di dimensioni 22 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6041-67: Id. - Cuscinetti radiali, orientabili, a due corone di rulli, con foro conico - Serie di dimensioni 22 - Sostituisce UNI 3078 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6042-67: Id. - Cuscinetti radiali a rulli conici, con angolo di contatto oltre 10 fino a 17° - Serie di dimensioni 20 - Sostituisce UNI 5460-64 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6043-67: Id. - Cuscinetti assiali, orientabili, a rulli - Serie di dimensioni 94 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6044-67: Id. - Id. - Serie di dimensioni 93 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6045-67: Id. - Id. - Serie di dimensioni 92.

UNI 4046-67: Id. - Dimensioni degli anelli elastici di ancoraggio e delle relative scanalature su cuscinetti delle serie di diametri 0, 2, 3 e 4 (ad esclusione dei cuscinetti delle serie di dimensioni 00, 82 e 83) (fascicolo unico di 3 tabelle).

C.D. 621.882.2/.3 - *Viti e dadi.*

UNI 5723-67: Dadi ad impronta - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria C.

UNI 6048-67: Viti a testa zigrinata - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria A - Sostituisce parzialmente UNI 2391 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6049-67: Viti a testa zigrinata con colletto - Filettatura metrica ISO a passo grosso e passo fine - Categoria A - Sostituisce parzialmente UNI 2392 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6050-67: Viti a testa quadra ridotta - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria A - Sostituisce UNI 2379 e UNI 2381 (fascicolo unico di 4 tabelle).

UNI 6051-67: Viti a testa quadra ridotta con bordino - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria A - Sostituisce UNI 2380 (fascicolo unico di 4 tabelle).

UNI 6052-67: Viti a testa quadra ridottissima con estremità piano smussata e conica - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria A - Con UNI 6053-67 sostituisce UNI 2382 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6053-67: Viti a testa quadra ridottissima con estremità a colletto e cilindrica - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria A - Con UNI 6052-67 sostituisce UNI 2382 (fascicolo unico di 2 tabelle).

C.D. 621.888 - *Dispositivi mobili di fissaggio.*

UNI 6054-67: Tiranti a cerniera - Tipo con attacco a forcella (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6055-67: Id. - Tipo con attacco a staffa (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6056-67: Forcelle d'attacco per tiranti a cerniera - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria A - Sostituisce UNI 2414 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6057-67: Tiranti ad occhio con estremità da ribadire - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria A - Sostituisce UNI 2409 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 6058-67: Tiranti ad occhio con estremità piana smussata - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria A - Sostituisce UNI 2408 (fascicolo unico di 2 tabelle).

C.D. 621.914.2 - *Frese e creatori.*

UNI 6016-67: Creatori ad un filetto per ruote dentate cilindriche ad evolvente - Tolleranze (fascicolo unico di 5 tabelle).

C.D. 624.042 - *Costruzioni: Calcolo dei carichi e sovraccarichi.*

CNR-UNI 10012-67: Ipotesi di carico sulle costruzioni (fascicolo unico di 14 tabelle).

Direttore responsabile: **AUGUSTO CAVALLARI-MURAT** Autorizzazione Tribunale di Torino, n. 41 del 19 Giugno 1948

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - TORINO

ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

NUOVA SERIE . ANNO XXI . N. 12 . DICEMBRE 1967

FIAT TORINO

SOCIETÀ PER AZIONI UNIONE CEMENTI

MARCHINO & C.

≡

CASALE MONFERRATO

SOMMARIO

ATTI DELLA SOCIETÀ

Manifestazioni svolte nell'anno 1967 . . . . . pag. 335
Colleghi scomparsi . . . . . » 335

RASSEGNA TECNICA

Il presente fascicolo, da pag. 337 a pag. 492, contiene saggi di argomenti vari di TECNICA e SOCIO-ECONOMIA dedicati dagli autori a Vittorio Valletta.

G. Bono - *Vittorio Valletta* . . . . . » 337

PARTE I: FINANZA ED ECONOMIA
C. F. Bona - *L'evoluzione della ricerca in Italia nell'ultimo decennio* . . » 340
L. Jona - *I centri meccanografici ed elettronici nelle banche italiane* . . » 348
R. Mattioli - *Sull'aiuto alle aree sottosviluppate* . . . . . » 350
E. Minola - *Lo sviluppo dell'automobile ed i problemi connessi* . . . » 355
F. M. Pacces - *Uomini e problemi. Appunti per una teoria dell'Impresa* » 359
G. Pella - *Convergenza economica e sociale nel progresso: produrre per consumare* . . . . . » 363
F. Piga - *Disciplina giuridica degli oleodotti* . . . . . » 368
G. Spatuzza - *Satelliti artificiali al servizio dell'uomo* . . . . . » 376

PARTE II: TECNICA E PRODUZIONE
A. Cavinato - *Il metodo ed il suo ruolo nell'economia e nell'industria* . . » 380
R. Chivino - *Sviluppi in Italia nella meccanizzazione dell'agricoltura e dei cantieri* . . . . . » 392
G. di Stefano e M. Vallauri - *L'energia nucleare nella propulsione navale mercantile* . . . . . » 396
C. Rossi - *Aspetti economici del ciclo del combustibile di una centrale elettronucleare* . . . . . » 401
P. Rossi - *Fabbisogni di energia: considerazioni generali ed esame della situazione di un grande complesso industriale* . . . . . » 408
D. Taccone - *Automazione e siderurgia* . . . . . » 417

PARTE III: INDUSTRIA E PROGETTAZIONE
G. Dardanelli - *Ricerche sulle cause di inquinamento dell'aria nei trafori autostradali* . . . . . » 421
F. Di Majo - *Nuove tecniche per le grandi velocità ferroviarie* . . . » 428
E. Doriguzzi - *Problemi ed aspetti della moderna tecnica dei magazzini* » 440
G. Gabrielli - *Considerazioni sui regolamenti di navigabilità degli aeromobili* . . . . . » 451
D. Giacosa - *La sicurezza nell'evoluzione dell'automobile* . . . . . » 455
A. Gregoretti - *Un contributo italiano al progresso del grande motore diesel* . . . . . » 460
O. Montabone - *Problemi posti dalla riduzione dell'inquinamento atmosferico nel campo dei motori per autovetture* . . . . . » 480

INDICE NOMINATIVO DEGLI AUTORI che hanno collaborato negli anni 1947-67 . . . . . » 493
INDICE DELL'ANNATA 1967 . . . . . » 497

COMITATO DI REDAZIONE

Direttore: Augusto Cavallari-Murat - *Membri*: Gaudenzio Bono, Cesare Codegone, Federico Filippi, Rinaldo Sartori, Vittorio Zignoli - *Segretario*: Piero Carmagnola.

COMITATO D'AMMINISTRAZIONE

Direttore: Alberto Russo-Frattasi - *Membri*: Carlo Bertolotti, Mario Catella, Luigi Richieri

REDAZIONE: Torino - Corso Duca degli Abruzzi, 24 - telefono 51.11.29.
SEGRETERIA: Torino - Corso Siracusa, 37 - telefono 36.90.36/37/38.
AMMINISTRAZIONE: Torino - Via Giolitti, 1 - telefono 53.74.12 (per la pubblicità 58.71.25).

Pubblicazione mensile inviata gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. — Per i non Soci: abbonamento annuo L. 6.000. - Estero L. 8.000.
Prezzo del presente fascicolo L. 2.000. - Arretrato L. 2.000.

La Rivista si trova in vendita: *a Torino* presso la Sede Sociale, via Giolitti, 1.

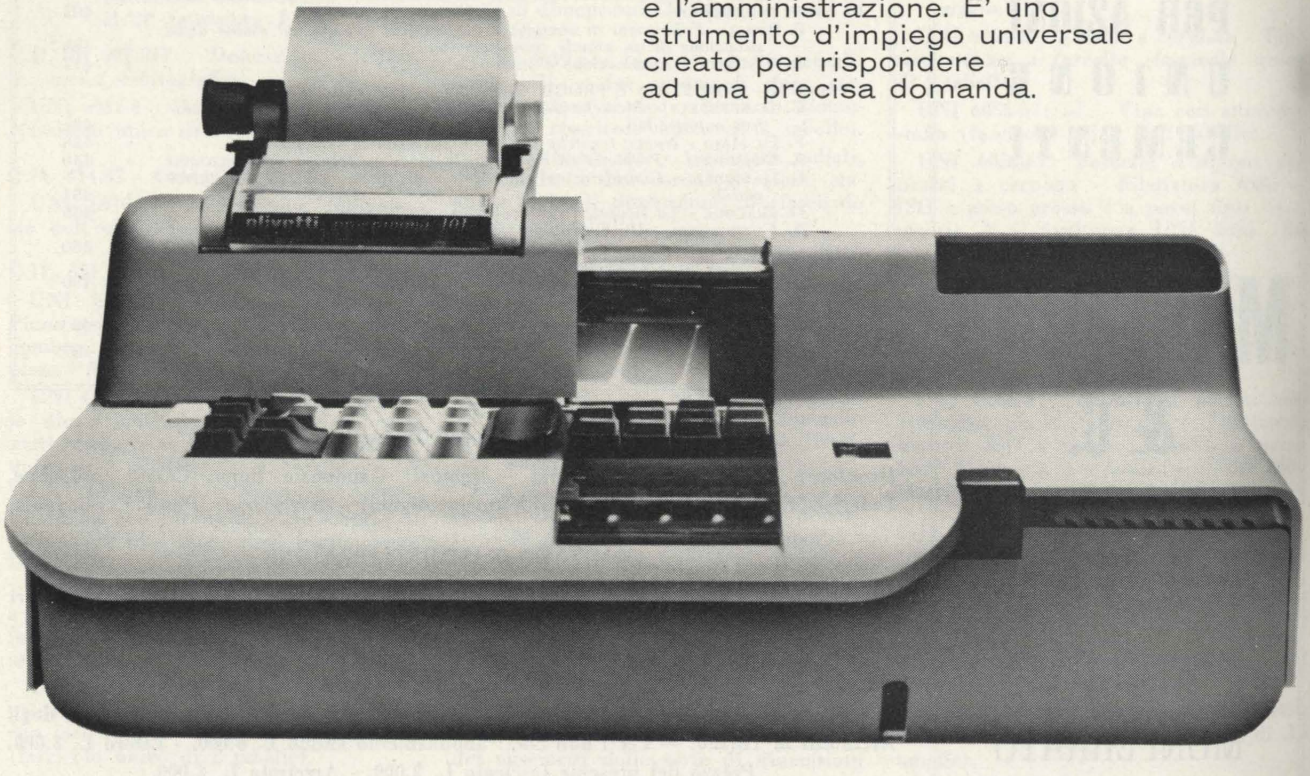
SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE — GRUPPO III

NELLO SCRIVERE AGLI INSERZIONISTI CITARE QUESTA RIVISTA XXXIX

OLIVETTI
PROGRAMMA 101

olivetti

Desk-top computer
è la definizione giusta
per la Olivetti Programma 101:
un calcolatore elettronico
da tenersi sul tavolo di lavoro,
a portata di mano,
utilizzabile da chiunque
e in qualunque momento.
Nelle ridotte dimensioni e
con la facilità d'impiego
di una macchina per ufficio,
l'Olivetti Programma 101
offre del calcolo elettronico
tutti i vantaggi essenziali:
velocità, logica,
sistema stampante, programmabilità.
E li mette a disposizione
di nuove vaste categorie
di utilizzatori.
Dove la calcolatrice meccanica
non è più sufficiente
e il grande elaboratore
risulta troppo costoso
e poco funzionale,
l'Olivetti Programma 101
è esattamente quello che ci vuole:
per la ricerca scientifica
e il calcolo tecnico,
per la statistica
e l'amministrazione. E' uno
strumento d'impiego universale
creato per rispondere
ad una precisa domanda.



Filiale di Torino
Piazza Castello 113 - tel. 521.132