

# 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

## LA VISCOSITÀ DEI FLUIDI NON NEWTONIANI

CESARE CODEGONE riassume notizie derivate da ricerche scientifiche recenti sulla viscosità di fluidi, più frequenti nelle applicazioni tecniche di quanto si possa ritenere comunemente, i quali non obbediscono alla legge di proporzionalità diretta fra sforzo tangenziale e gradiente trasversale di velocità e per i quali il calcolo delle resistenze di attrito risulta più laborioso e complesso.

Il coefficiente  $\mu$  di viscosità misura l'attitudine di un fluido a trasmettere sforzi tangenziali mediante il moto relativo di strati contigui.

Per effetto dello sforzo tangenziale  $\tau$  sarà prodotto un gradiente  $dV/dy$  normale al piano dello sforzo stesso.

La relazione:

$$(1) \quad \tau = \mu \frac{d\bar{V}}{dy}$$

è valida per il moto laminare o viscoso o, come dicono gli anglosassoni, « streamlined », caratterizzato cioè da linee di corrente, che, con opportuni artifici, possono anche essere rese visibili (\*).

In unità internazionali  $\mu$  è espresso in  $Ns/m^2$  (o decapoise),  $\tau$  in  $N/m^2$ ,  $d\bar{V}/dy$  in  $sec^{-1}$ .

I fluidi per i quali  $\mu$  è costante in un ampio intervallo di  $\tau$  sono detti « newtoniani », perchè appunto fu questa l'ipotesi assunta dal Newton nella prima trattazione di questi problemi.

Tali sono i gas, molti liquidi e le polveri incoerenti, non adesive (linea  $On$  in figura).

Le sospensioni colloidali (sospensioni diluite in un liquido di particelle solide di forma non irregolare o di goccioline, non interagenti) tendono per piccole concentrazioni a diventare newtoniane, seguendo la formula di Einstein (1):

$$(2) \quad \frac{\mu}{\mu_0} = 1 + kC$$

(\*) Se non si dice altro, il moto si suppone isoterma.

(1) Ann. di Phys. 19 (1906) 297. La relazione  $(\mu/\mu_0)=1+kC$  è spesso data per

valida per una concentrazione relativa  $C$  in volume fino a circa 0,05, essendo  $k=2,5$ .

Nella (2)  $\mu$  è la viscosità della sospensione e  $\mu_0$  quella del mezzo liquido che tiene in sospensione i

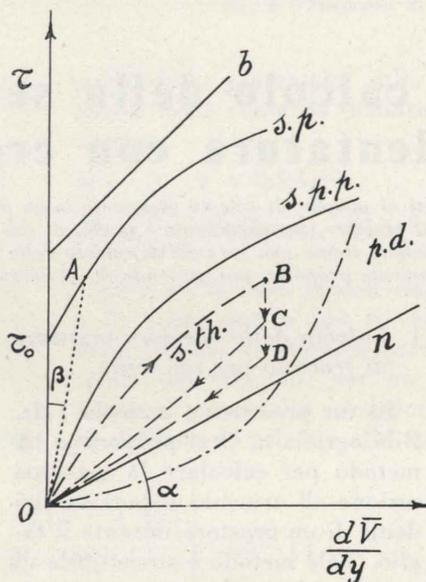


Fig. 1.

granuli e la sua validità può essere estesa al vapore saturo umido (2) ed ai mezzi gassosi.

le soluzioni (di molecole non allungate) sotto la forma:

$$(\mu/\mu_0) = 1 + 0,01 kc (\rho_0/\rho)$$

in cui  $c$  è la concentrazione massica, in %,  $\rho_0$  la densità del solvente,  $\rho$  quella del soluto,  $k=6,5$ .

Il valore teorico di  $k$ , per molecole sferiche, è, secondo Einstein, uguale ad 1. I valori sperimentali sono più elevati.

(2) Cfr. C. CODEGONE, Ric. Scient. 11 (1940) 426. Nel caso del vapore umido di titolo  $x$  ( $v_i$  vol. sp. liq.;  $v_s$  vol. sp. vap.) si ha:

$$C = \frac{v_i(1-x)}{v_i + (v_s - v_i)x}$$

Il fattore 2,5 corrisponde a granuli di forme regolari, o comunque con dimensioni nello spazio non troppo diverse fra loro, e cresce lentamente al diminuire e al differire di tali dimensioni.

Su un diagramma  $\tau$ , ( $d\bar{V}/dy$ ) l'andamento del fenomeno per un fluido newtoniano è pertanto rappresentato semplicemente da una retta  $On$  la cui inclinazione ( $tga$ , tenuto conto delle scale del disegno) rappresenta appunto il valore costante di  $\mu$  (fig. 1).

Sono fluidi « non newtoniani » gli oli minerali, la glicerina, i glicoli, i metalli liquidi, le sospensioni di ossidi metallici (per es. di uranio), i polimeri (come i polifenili) usati in scambiatori termici e in taluni tipi di reattori nucleari.

I modi di comportarsi di tali fluidi possono però risultare assai differenti gli uni dagli altri.

Ad esempio le sospensioni di particelle più o meno interagenti ed aventi dimensioni spaziali non troppo difformi, danno luogo ad una curva concava verso l'alto (a grande scorrimento iniziale) e sono detti « plastici dilatanti » (in figura  $p. d.$ ).

Se le particelle sono di forma molto allungata e tendono a disporsi parallelamente fra loro al crescere di  $\tau$ , le curve corrispondenti presentano la concavità verso il basso e tendono a diventare rettilinee al crescere di  $\tau$ .

Tali fluidi sono detti « pseudo-plastici » ( $s.p.p.$  in figura) e l'andamento delle loro curve caratteristiche può essere approssimato con forme esponenziali. Se l'allineamento delle suddette lunghe particelle richiede un tempo non

piccolo, e quindi dipendente dalla durata dell'azione di contatto che genera  $\tau$ , le sostanze sono dette « thixotropiche » (s. th. in figura).

La curva dipende allora da tale durata e si ottiene ad esempio la  $OB$  con un'azione rapida, la  $OD$  con una lentissima (al limite con durata  $\infty$ ). Per date condizioni di moto, cioè per un determinato gradiente, la tensione tangenziale  $\tau$  va allora decrescendo da  $B$  a  $C$  ed al limite fino a  $D$ , potendosi poi ridurla a zero lungo la  $CO$  (o rispettivamente la  $DO$ ).

I solidi e talune sospensioni concentrate richiedono che la tensione assuma un valore finito  $\tau_0$  prima di scorrere o fluire. Questi materiali non sono dunque, propriamente parlando, dei fluidi e sono detti in genere « sostanze plastiche » (s.p. in figura).

Molte sospensioni plastiche danno luogo ad un andamento pressochè lineare della linea caratteristica, detto delle « sostanze di Bingham » (linea  $b$  in figura).

Sia ora  $OA$  il raggio vettore fino a un punto qualsiasi  $A$  della curva s.p.

Il rapporto di  $\tau$  a  $d\bar{V}/dy$  in tal punto rappresenta la « viscosità »  $\mu_{s.p.}$  della sostanza plastica nello stato in esame, mentre il suo inverso (pari a  $tg\beta$ , tenuto conto delle scale del disegno) è detta « rigidità » della sostanza stessa.

Per valori della concentrazione  $C$  in volume fino a circa 0,25 si dà sovente la relazione:

$$(3) \quad \mu_{s.p.}/\mu_0 = 1 + 2,5 C + 7,2 C^2 + 16 C^3$$

Per concentrazioni ancora mag-

giori l'Orr ha trovato in molti casi di sospensioni la relazione

$$(4) \quad \mu_{s.p.}/\mu_0 = [(1-C)/C_\infty]^{-1,8}$$

in cui  $C_\infty$  è la concentrazione limite fino alla quale le particelle rimangono in sospensione, richiedendo un tempo grandissimo per depositare.

Tutto ciò vale per sistemi isotermi, o, approssimativamente, per sistemi nei quali intervengono piccoli intervalli di temperatura.

Ma in generale  $\mu$  è funzione anche di  $T$  e la trattazione analitica rigorosa di casi nei quali interviene trasmissione di calore, soprattutto se in regime variabile, può divenire ardua.

Molti studi sono ora diretti a chiarire questi problemi.

Cesare Codegone

## Osservazioni sul calcolo della sezione di truciolo nella dentatura con creatore

GIOVANNI PEROTTI, rifacendosi al metodo di calcolo presentato in un precedente articolo, approfondisce lo studio del modo di operare del creatore, paragonandolo a quello di più utensili a fresare che siano contemporaneamente in azione, ed elabora infine una formula di calcolo della sezione di truciolo che giustifica quella precedentemente proposta, pur partendo da osservazioni diverse.

NOTAZIONI (in ordine di comparsa nel testo):

$a_z$  = avanzamento verticale del creatore per giro del pezzo e per solco del creatore.

$n$  = numero di solchi assiali del creatore.

$s$  = lunghezza dello spigolo tagliente frontale di ogni dente.

$p$  = passo della cremagliera generatrice.

$r_p$  = raggio primitivo della ruota da dentare.

$S_k$  = lunghezza del profilo di ciascun dente  $k$  della cremagliera generatrice compreso fra i punti d'intersezione con la circonferenza di troncatura esterna della ruota da dentare.

$\vartheta$  = angolo di pressione della cremagliera generatrice.

$h_k$  = profondità di passata del punto medio del tagliente frontale di ogni dente  $k$ .

$F_h$  = sezione di truciolo totale in corrispondenza della sezione massima asportata dal dente  $h$ .

$t_h$  = profondità di passata del dente  $h$ .

$\Delta_h$  = diametro della fresa ad azione periferica corrispondente ad ogni dente  $h$ .

### 1. Calcolo dello spessore massimo di truciolo per un dente.

In un precedente articolo (cfr. Bibliografia n. 7) si proponeva un metodo per calcolare la massima sezione di truciolo asportata dai denti di un creatore durante il taglio. Tale metodo è suscettibile di un ulteriore sviluppo se, nel calcolo, si tiene conto delle diverse profondità di passata con le quali operano sia le parti di uno stesso dente, sia i diversi denti dell'utensile.

Nel citato articolo si era fatta l'ipotesi che ciascun dente  $k$  del creatore operasse il taglio sia mediante il tagliente frontale, quindi con diametro  $D$  pari a quello esterno del creatore e profondità di passata  $h_k$  (fig. 1) da sommarsi a quella dovuta al rotolamento della primitiva della cremagliera rispetto a quella della ruota da dentare, sia mediante gli spigoli sui fianchi, quindi con diametro  $D-h_k$  e con profondità di passata  $0,5 h_k$ , da

sommare a quella dovuta al rotolamento delle primitive.

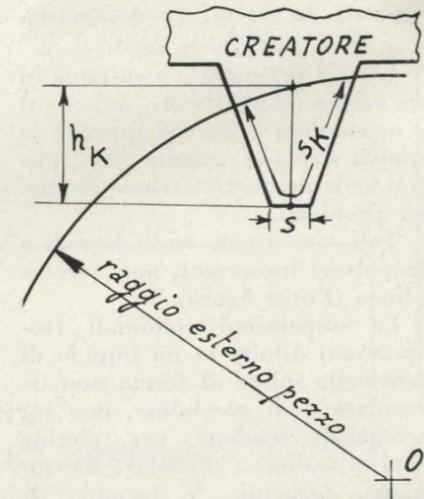


Fig. 1 - Spessore massimo del truciolo asportato da due frese coassiali di diametro diverso.

Tale ipotesi rende necessario calcolare lo spessore massimo del truciolo asportato da due frese di diametri  $D$  e  $d$  ( $D > d$ ), ad azione

periferica e ad eguale numero di denti, fissate sullo stesso albero e dotate, rispetto al pezzo, della stessa velocità di rotazione e di avanzamento. Si supponga il pezzo piano e parallelo all'asse delle frese.

I massimi spessori di truciolo, per ciascuna delle frese, si verificano per angoli di rotazione rispettivamente pari a  $\varphi$  e  $\varphi'$  (fig. 2). Per ciascuno di essi la somma degli spessori di truciolo delle due frese è data da:

$$L_{\varphi} = a_z \sin \varphi + a_z \sin \varphi'' - (t - t') \quad (1)$$

$$L_{\varphi'} = a_z \sin \varphi' + a_z \sin \varphi''' \quad (2)$$

Si esplicitino ora le (1) e (2) ricordando che:

$$\sin \varphi = 2 \sqrt{\frac{t}{D}}$$

$$\sin \varphi' = 2 \sqrt{\frac{t'}{D - 2t'}}$$

$$\sin \varphi'' = 2 \sqrt{\frac{t' + (t - t') \left(1 - 2 \frac{t}{D}\right)}{D - 2t'}}$$

$$\sin \varphi''' = 2 \sqrt{\frac{t - (t - t') \left(1 - 2 \frac{t}{D - 2t'}\right)}{D}}$$

si otterrà allora rispettivamente:

$$L_{\varphi} = 2a_z \left[ \sqrt{\frac{t}{D}} + \sqrt{\frac{t' + (t - t') \left(1 - 2 \frac{t}{D}\right)}{D - 2t'}} \right] - (t - t'), \quad (4)$$

$$L_{\varphi'} = 2a_z \left[ \sqrt{\frac{t'}{D - 2t'}} + \sqrt{\frac{t - (t - t') \left(1 - 2 \frac{t}{D - 2t'}\right)}{D}} \right]. \quad (5)$$

Le (4) e (5) sono espressioni generali valide per qualsiasi valore di  $t$  e  $t'$ , con la sola condizione che sia  $t' < t$ .

Si applichino i risultati ottenuti allo studio dello spessore totale massimo di un truciolo relativamente ad un dente del creatore. Si ponga (con  $k$  variabile fra 1 e  $K$ ):

$$a) \quad t = t_k = h_k + \frac{p^2}{2 r_p n^2} [2n(k - 1) + 1],$$

in cui il primo addendo è la profondità di passata dello spigolo frontale del dente  $k$ , mentre il secondo addendo è l'incremento di profondità di passata dovuto al rotolamento della primitiva della

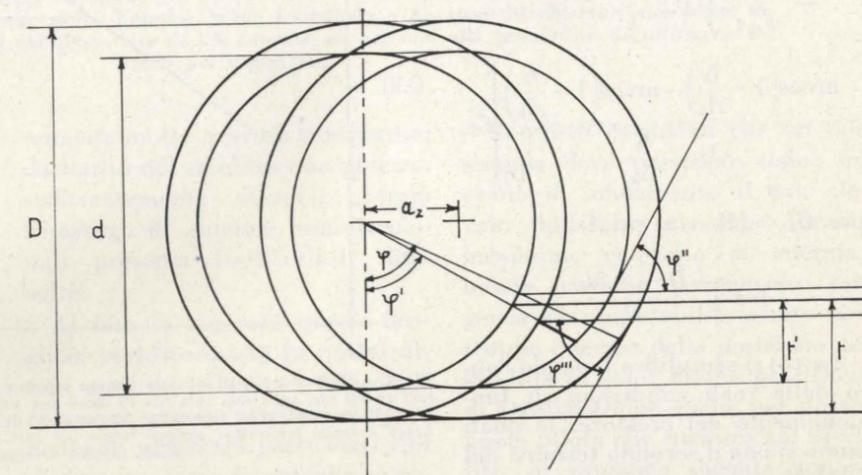


Fig. 2 - Profondità di passata  $h_k$  di un dente del creatore.

cremagliera generatrice sulla primitiva della ruota da dentare; ed ancora:

$$b) \quad t' = 0,5 h_k + \frac{p^2}{2 r_p n^2} [2n(k - 1) + 1] \cong 0,5 t_k,$$

Se  $t_k$  ed  $a_z$  sono piccoli rispetto a  $D$ , come per lo più si verifica nella pratica, lo spessore massimo totale del truciolo, per un dato dente, si presenta in corrispondenza dell'angolo relativo allo spesso-

re massimo competente al diametro  $D - t_k$  ed alla profondità di  $0,5 t_k$ . Pertanto tale spessore totale è calcolabile con l'espressione:

re massimo competente al diametro  $D - t_k$  ed alla profondità di  $0,5 t_k$ . Pertanto tale spessore totale è calcolabile con l'espressione:

$$L_{\varphi_k} = 2a_z \left[ \sqrt{\frac{0,5 t_k}{D - t_k}} + \sqrt{\frac{D - 0,5 t_k}{D}} \sqrt{\frac{0,5 t_k}{D - t_k}} \right], \quad (5 \text{ bis})$$

ottenuta dalla (5) operando in essa le sostituzioni a), b) e semplificando.

### 2. Calcolo dello spessore massimo di truciolo dei denti in presa.

Lo studio si volge ora a calcolare lo spessore totale massimo di truciolo per  $K$  denti del creatore in

presa con il pezzo (essendo  $2K$  il numero di denti, per ciascuna fila, interessati al taglio). Ciò equivale allo studio dello spessore totale massimo di truciolo di  $K$  frese coassiali ad azione periferica (una per ciascun dente in presa), aventi diametri  $\Delta_k = D - t_k$ , che lavorino con profondità di passata  $0,5 t_k$ . Ciascuna di queste frese opera con uno spessore massimo di truciolo pari a  $L_{\varphi_k}$ ; ne consegue la necessità di calcolare lo spessore totale di truciolo, e quindi la sua sezione, per ciascuno degli angoli  $\varphi_k$  secondo cui ogni fresa asporta la sezione massima che le compete. Una di queste sezioni totali sarà la massima cercata.

Per calcolare i valori delle sezioni totali (cioè di  $K$  denti), occorre applicare ad ogni dente la (5 bis), moltiplicando ciascun termine di essa per la rispettiva lunghezza del contorno del dente interessato al taglio. Poiché il calcolo deve essere ripetuto  $K$  volte, e cioè in corrispondenza allo spessore massimo di ciascun dente  $k$ , si adotta l'indice  $h$  (pure variabile fra 1 e  $K$ ) per denotare quel dente in corrispondenza del cui massimo spessore di truciolo si eseguono i calcoli.

Le sezioni totali per  $K$  denti del

creatore saranno allora ricavabili mediante l'espressione seguente:

$$F_h = 2a_z \sqrt{0,5 \frac{t_h}{\Delta_h} \sum_{k=h}^{k=K} G_k} + \sum_{k=1}^{k=h-1} \sqrt{0,5 \frac{t_k}{k} \cdot 2 \left[ a_z - \frac{\arcsin\left(1 - \frac{t_h}{\Delta_h}\right) - \arcsin\left(1 - \frac{t_k}{\Delta_k}\right)}{1 - \frac{t_k}{\Delta_k}} \right] G_k} \quad (6)$$

per  $G_k = (S_k - s) \sin \vartheta + s \sqrt{\frac{D - 0,5t_k}{D}}$ .

La (6) si semplifica tenendo conto delle reali condizioni di funzionamento del creatore, le quali fanno sì che il secondo termine del secondo membro sia normalmente negativo, ciò che corrisponde all'inesistenza del truciolo in una parte della sezione. In questo caso la (6) diviene

$$F_h = 2a_z \sqrt{0,5 \frac{t_h}{\Delta_h} \sum_{k=h}^{k=K} G_k} \quad (6 \text{ bis})$$

Se si paragonano fra loro i valori di  $F_h$  trovati si ricaverà il massimo.

È interessante condurre lo stesso tipo di calcolo nell'ipotesi che la circonferenza di troncatura esterna della ruota da dentare si sposti rispetto alla cremagliera generatrice di un semi-passo. Si troverà allora un secondo valore massimo di  $F_h$ , che potrà essere inferiore o superiore al precedente. Ciò significa che la sezione di truciolo massima oscilla periodicamente nel tempo fra questi due valori.

A titolo d'esempio, nel caso di creatore ad 8 denti per fila, modulo 2, diametro 60 mm, nell'ipotesi che la lavorazione abbia inizio nella posizione di massima area intercetta fra il profilo circolare esterno della ruota da tagliare ed il profilo della cremagliera generatrice, la prima fila di denti del creatore asporterà un truciolo la cui sezione varierà nel tempo, e quindi con l'angolo  $\varphi$  di rotazione del creatore, secondo l'andamento rappresentato in fi-

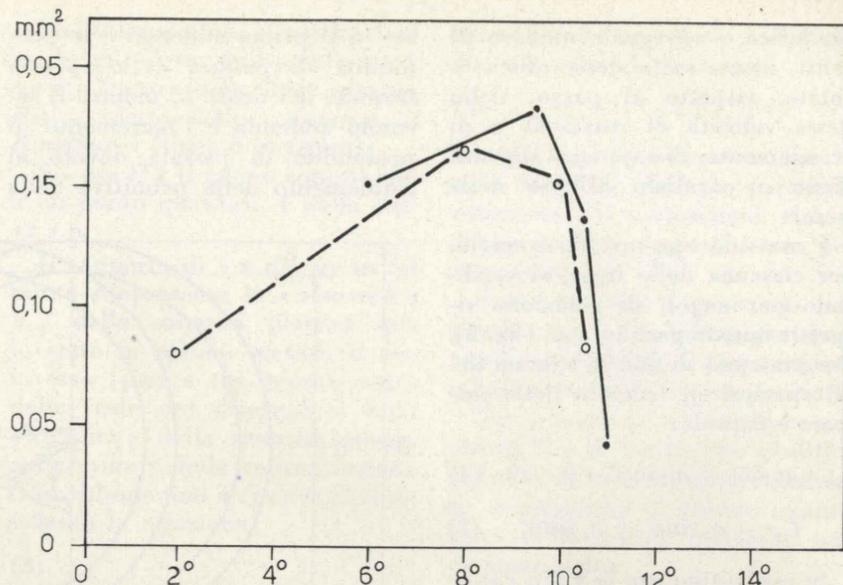


Fig. 3 - Sezioni totali di truciolo per un creatore ad 8 scanalature, modulo 2, diametro 60 mm, nell'ipotesi che tagli una sola fila di denti per volta. Linea a tratto continuo: sezione totale nel caso di massima area intercetta fra cerchio di troncatura esterna e cremagliera generatrice. Linea a tratto interrotto: sezione totale nel caso di minima area intercetta fra cerchio di troncatura esterna e cremagliera generatrice.

gura 3 con la linea continua. Dopo un rotolamento della primitiva della ruota rispetto a quella della cremagliera pari a 0,5 p, corrispondente ad una rotazione di  $\pi$  del creatore intorno al proprio asse, l'andamento della sezione di truciolo per la fila di denti attualmente impegnata nel taglio è quello indicato con linea tratteggiata. Si è supposto, nel tracciare i grafici, che la variazione della sezione fra i valori calcolati fosse lineare.

### 3. Conclusione.

La conoscenza dei valori delle sezioni di truciolo totali, unitamente a quella della pressione specifica di taglio propria dell'operazione di fresatura periferica, consente il calcolo, in maniera semplificata, delle forze di taglio tangenziali fra pezzo e creatore, del loro valore massimo e delle loro variazioni con il tempo, utili, queste ultime, ai fini anche dello studio sul comportamento dinamico della macchina dentatrice.

Per quanto riguarda il confronto fra il presente metodo e quello trattato nella precedente memoria dell'A. (cfr. Bibliografia n. 7), si segnalano differenze fra i risultati nella misura massima del 15% (i valori ottenuti con il presente me-

todo si approssimano per difetto a quelli ottenuti con il metodo precedente). Le differenze fra i risultati sono pertanto contenute entro limiti piuttosto ristretti, e ciò comprova la validità di entrambi i metodi, ciascuno dei quali è stato sviluppato secondo le diverse premesse iniziali.

Giovanni Perotti  
Politecnico di Torino

### BIBLIOGRAFIA

- (1) ALBERTI, N., *Variazioni periodiche della forza di taglio nella fresatura*, Macchine, 1963, n. 12.
- (2) CHARHUT, W., *Wälzfräsen*, Monaco, Hanser Verlag, 1960.
- (3) GIOVANNOZZI, R., *Costruzione di macchine*, vol. II, Bologna, Patron, 1964.
- (4) HENRIOT, G., *Traité théorique et pratique des engrenages*, Parigi, Dunod, 1961.
- (5) KRONENBERG, M., *Grundzüge der Zerspanungslehre*, vol. II, Berlino, Springer, 1963.
- (6) MICHELETTI, G. F., *Lavorazioni dei metalli ad asportazione di truciolo*, Torino, Levrotto e Bella, 1958.
- (7) PEROTTI, G., *Sul calcolo della forza di taglio nella costruzione di ruote a denti diritti con creatore*, Atti e Rassegna Tecnica, dicembre 1964.
- (8) THÄMER, M., *Untersuchungen über Schnittkräfte etc.*, Industrie Anzeiger, 1962, n. 2.
- (9) WEILENMANN, R., *Vereinfachte Berechnung von Frätleistungen*, Werkstatt und Betrieb, 1960, n. 7.

## Le antenne retrodirezive e il loro impiego quali antenne di bordo sui satelliti per telecomunicazioni

VINCENZO POZZOLO illustra il principio di funzionamento delle antenne retrodirezive, quali le antenne a schiera di Van Atta attiva e passiva, e delle antenne autofocalizzanti. Per ogni tipo di antenna presa in considerazione mette in evidenza i pregi e i difetti più evidenti in vista di un possibile impiego quale antenna di bordo sui satelliti per telecomunicazioni. Esamina infine i vantaggi e gli svantaggi inerenti alla scelta di un sistema di telecomunicazioni che faccia uso di tali antenne ed accenna alla possibilità di utilizzare sistemi più complessi.

### 1) Introduzione.

È ormai cosa certa che, nel prossimo futuro, per le telecomunicazioni intercontinentali si farà sempre più largo uso di sistemi utilizzanti satelliti artificiali. Infatti l'incremento del traffico telefonico è oggi tale da far prevedere una rapida saturazione dei cavi coassiali sottomarini attualmente esistenti e, d'altra parte, le tecniche di trasmissione basate sui satelliti artificiali appaiono ora vantaggiose anche sotto il profilo economico.

Diversi sono stati i sistemi di comunicazione tramite satelliti sin qui proposti: per quasi tutti un problema comune, essenziale e non facile è quello della scelta delle antenne di bordo. In generale, per ovvii motivi di economia, il satellite dovrà ricevere informazioni da varie stazioni situate in diversi punti della superficie terrestre e ritrasmetterle in diverse direzioni ad altrettante stazioni riceventi. Se poi il satellite sarà di tipo non stazionario egli varierà con continuità la sua posizione istantanea rispetto alle varie stazioni terrestri. È quindi evidente la necessità di avere un satellite che sia in grado di ricevere e di trasmettere indifferentemente in ogni direzione. Questa esigenza comporterebbe l'uso di antenne di bordo il più possibile onnidirezionali, cioè antenne che irradiano indiscriminatamente in ogni direzione. Una tale tecnica però richiederebbe ovviamente elevate potenze di trasmissione sia nel collegamento terra-satellite sia in quello satellite-terra. Ora, mentre può essere relativamente facile portare a livelli elevati la potenza trasmessa da terra, diventa eviden-

temente molto gravoso trasmettere da bordo del satellite una potenza sufficientemente elevata; perciò l'impiego di antenne onnidirezionali presenta indiscutibili difficoltà.

Al fine di aggirare questo scoglio è stato proposto in questi ultimi anni un sistema di telecomunicazioni tramite satellite che permetta di utilizzare particolari tipi di antenne come le antenne retrodirezive e le autofocalizzanti. Queste antenne, come meglio si vedrà in seguito, sono in grado di riconoscere un segnale pilota, o interrogatore, inviato loro da una sorgente a terra e di trasmettere autofocalizzandosi sulla sorgente stessa. In questo caso lo schema di principio del collegamento via satellite tra due punti A e B della terra è indicato in figura 1. Dal punto A si invia al satellite l'informazione che deve essere trasmessa al punto B; dal punto B invece si invia al satellite un segnale pilota codificato o ad onda persistente, allo scopo di focalizzare su B l'antenna trasmittente del satellite e ricevere di ritorno l'informazione fornita da A.

Sarebbe altamente desiderabile che un tale tipo di antenne di bordo fosse in grado di rispondere a più stazioni interroganti contemporaneamente da varie direzioni, autofocalizzandosi su ciascuna di esse indipendentemente. È evidente il vantaggio, nei confronti di un'antenna onnidirezionale, di poter in questo modo disporre di un'antenna di guadagno direzionale elevato che viene automaticamente focalizzata al punto di ricezione interrogante anche se il satellite non è di tipo stazionario ma si sposta relativamente ad A e B.

Requisiti essenziali che un tale sistema deve possedere sono: un grado di affidamento il più elevato possibile; massima durata; bassissimo consumo di energia; banda passante ragionevole; esigenza di una stabilizzazione non troppo onerosa della posizione del satellite in volo; buona precisione di focalizzazione anche per un segnale pilota che fornisca sul satellite un rapporto segnale/rumore abbastanza modesto. A quest'ultimo riguardo è da tener presente che il satellite è a grande distanza dalla terra (36.000 Km per uno di tipo stazionario); perciò anche con potenze molto grandi da terra (20 KW) e antenna interrogante di grandi dimensioni (10 m di diametro) la potenza di segnale che giunge sulla superficie del satellite è estremamente modesta (dell'ordine di  $10^{-6}$  W/m<sup>2</sup>). Di conseguenza è necessario che il sistema consenta al segnale interrogante di agire efficientemente anche se semisommerso nel « rumore elettrico » che fatalmente si genera nelle apparecchiature elettriche del satellite o che gli proviene dall'esterno.

Al fine di soddisfare in pratica almeno a parte di questi requisiti sono state proposte da più parti diverse soluzioni alcune delle quali saranno ora esaminate più dettagliatamente, seppure qualitativamente.

### 2) Antenne retrodirezive.

Una delle soluzioni proposte, al fine di minimizzare il consumo a bordo, è di utilizzare uno schema di collegamento in cui una radioonda portante è inviata da B (figura 1) al satellite, qui modulata

dal segnale che giunge da *A* e re-irradiata a *B*.

Un'antenna che permetta un tale tipo di collegamento si comporta come un riflettore modulato. Essa viene comunemente detta « antenna retrodirettiva passiva ».

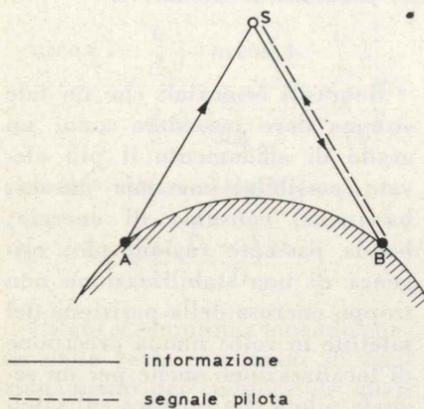


Fig. 1 - Sistema di collegamento tramite satellite con antenna retrodirettiva.

Un'antenna retrodirettiva passiva può essere del tipo a « schiera di Van Atta ». Questa è una schiera costituita da elementi eguali equispaziati e ciascun elemento è collegato con una linea a quello a lui simmetrico rispetto al centro della schiera. Questa linea deve avere lunghezza uguale per ogni coppia di elementi.

Si supponga che un'onda, con fronte d'onda piano, incida con angolo  $\theta$  sulla schiera che, per

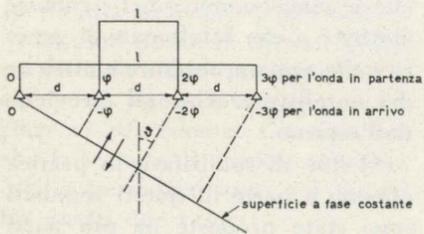


Fig. 2 - Schiera lineare di Van Atta.

semplicità, supporremo in un primo tempo lineare. Il segnale raccolto da ogni bocca avrà fase rispettivamente  $0; -\varphi; -2\varphi; -3\varphi$ ; ecc. relativamente alla prima bocca a sinistra in figura 2. Da semplici considerazioni geometriche risulta  $\varphi = 2\pi \frac{d}{\lambda} \sin\theta$ , dove  $\lambda$  è la lunghezza d'onda della radiazione incidente.

Il segnale raccolto viaggerà attraverso le linee di collegamento (tutte lunghe uguali) e si ripresenterà alla bocca coniugata con un ritardo di fase  $\varphi$ , dovuto alla lunghezza elettrica della linea, identico per tutte le bocche; di conseguenza alle varie bocche si avrà un segnale con fase rispettivamente (da sinistra verso destra),  $(-3\varphi - \varphi); (-2\varphi - \varphi); (-\varphi - \varphi); (-\varphi)$ . Cioè ora le varie bocche presenteranno, relativamente alla prima bocca a sinistra, rispettivamente una fase  $0; \varphi; 2\varphi; 3\varphi$ ; questa è precisamente la distribuzione di fase richiesta per formare un fronte d'onda piano tale da irradiare nella stessa direzione da cui proveniva il segnale. Infatti i contributi di ogni bocca si ritroveranno tutti in fase dopo che il segnale partito dalle varie bocche avrà subito una rotazione di fase rispettivamente (iniziando dalla prima bocca a sinistra in figura 2) di  $0; -\varphi; -2\varphi; -3\varphi$  e la nuova superficie a fase costante coinciderà con quella già considerata dell'onda incidente sulla schiera; risulteranno così coincidenti anche le direzioni di propagazione, seppure con versi opposti.

Analogamente si può spiegare il funzionamento di una schiera bidimensionale. Tale schiera si otterrà collegando tra loro i vari elementi come in figura 3.

Il calcolo del guadagno dell'antenna può essere fatto considerando questa come una schiera uniforme di elementi alimentati con correnti di eguale ampiezza e fase variante linearmente. Tale guadagno è massimo per onda incidente normale al piano dell'antenna e varia al variare dell'angolo  $\theta$  di incidenza approssimativamente come  $\cos\theta$  [2] [3].

In realtà la teoria qui riportata sul funzionamento della schiera di Van Atta è fortemente semplificata non avendo noi tenuto conto di effetti, quali quelli dovuti all'accoppiamento mutuo tra gli elementi della schiera e alla reirradiazione degli stessi, che possono, in certi casi, modificare note-

volmente il comportamento dell'antenna.

Al fine di ottenere la modulazione dell'onda incidente si può disporre per ogni coppia di elementi un modulatore, come indicato in figura 4. I modulatori devono essere naturalmente tutti eguali, al fine di introdurre tutto lo stesso sfasamento. Nella scelta del modulatore occorre natural-

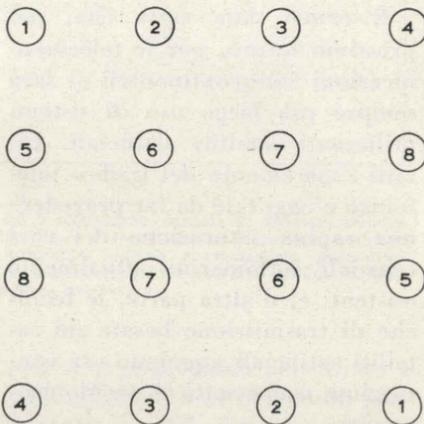


Fig. 3 - Schiera di Van Atta bidimensionale.

mente tener presente il tipo di modulazione che si effettua (modulazione di ampiezza, di frequenza, ad impulsi, ecc.). Ai fini di una buona efficienza i modulatori più adatti sembrano essere quelli ad effetto tunnel o a varactor.

È abbastanza evidente come questo sistema di telecomunicazioni richieda un basso consumo di energia a bordo: è stato calcolato che, per una schiera di 10.000 elementi con modulatore bilanciato e portante soppressa sull'onda modulata di ritorno, occorre una potenza di circa 1/2 mW [1]. Inoltre il sistema è tale che il satellite può essere interrogato da più stazioni a terra contemporaneamente e, se non intervengono fenomeni di non linearità, la schiera invierà a terra ad ogni stazione una potenza proporzionale a quella inviata dalla stazione stessa al satellite. Il sistema offre inoltre un grado di affidamento molto elevato e una vita media che può essere di 50 ÷ 100 anni, in quanto si ha un numero largamente ridondante di elementi: nel caso di 1.000 o più modu-

latori la vita del satellite è paragonabile alla vita media del singolo modulatore. Basti osservare che se  $N_0$  è il numero degli elementi della schiera e se ne guastano  $N$  la potenza si ridurrà di un fattore  $\frac{N_0 - N}{N_0}$ .

A bordo del satellite dovrà pure essere installato un piccolo ricevitore per rivelare l'informazione

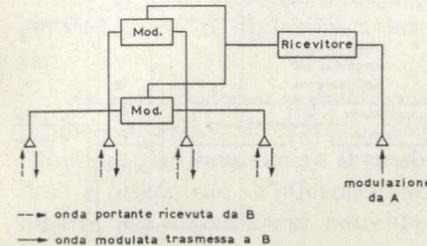


Fig. 4 - Ricevitore dell'informazione e modulazione della schiera a bordo del satellite.

proveniente da *A* e con questa pilotare i modulatori. Un diodo e un piccolo amplificatore a transistori potranno essere ad esempio usati a questo scopo, mentre una o più antenne della schiera verranno usate come antenna ricevente. Per ottenere un buon grado di affidamento occorrerà naturalmente moltiplicare anche queste apparecchiature riceventi.

Per calcolare la potenza trasmessa da terra necessaria per avere un certo rapporto segnale/rumore al ricevitore si può utilizzare la relazione:

$$P_r = \frac{P_t A_g^2 A_c^2}{R^4 \lambda^4},$$

dove  $A_g$  è l'area equivalente dell'antenna a terra,  $A_c$  l'area equivalente dell'antenna a bordo,  $P_r$  è la potenza ricevuta e  $P_t$  quella trasmessa. Dalla valutazione di  $A_c$  si può calcolare il numero di elementi della schiera. È stato calcolato [1] che in banda X (8,2 ÷ 12,4 kHz), con 10 MHz di banda passante, per un satellite alto 6000 miglia e con antenne di terra di 60 piedi di diametro, se la schiera è di 10.000 elementi occorre trasmettere circa 40 kW di picco.

Si può pensare di effettuare a

bordo, oltre che una modulazione, anche una amplificazione ottenendo così un sistema ad « antenna retrodirettiva attiva » [4] [5]. In questo modo l'area equivalente di eco  $\sigma$  aumenta e diventa:

$$\sigma = A_r G_T G$$

dove  $A_r$  è l'area equivalente di ricezione della schiera,  $G_T$  è il suo guadagno in retrotrasmissione e  $G$  è il guadagno di potenza a bordo.

Un'antenna di questo tipo può evidentemente essere realizzata con una schiera di Van Atta (v. fig. 5).

Sembrano particolarmente adatti a questo scopo amplificatori a diodo tunnel su strip-line con circolatore, pesanti ciascuno circa un'oncia, in banda S, e consumanti ciascuno circa 0,2 mW [5]. Questi amplificatori possono avere guadagni di  $10^2 \div 10^4$  in potenza. Gli amplificatori devono necessariamente introdurre tutto lo stesso sfasamento e, con la tecnica sopra descritta, si può contenere l'errore di fase tra le varie linee di alimentazione entro  $\pm 3^\circ$ . Ciò si traduce in una leggerissima perdita di guadagno della schiera: un errore di fase di  $\pm 45^\circ$  comporterebbe nel peggiore dei casi una perdita di guadagno della schiera di soli 3 dB [5].

Se si effettua un'amplificazione, conviene in genere utilizzare una antenna per ricevere e una per trasmettere al fine di non avere amplificatori bidirezionali e di non avere innesco di oscillazioni. Il disaccoppiamento a bordo tra antenna ricevente e trasmittente deve essere il maggiore possibile per non avere effetto di reazione, cioè variazione di guadagno al variare della potenza incidente. Per questo scopo si può ad es. utilizzare per l'antenna in ricezione e per quella in trasmissione due polarizzazioni diverse, oppure polarizzazioni circolari in verso opposto. Naturalmente il disaccoppiamento tra le antenne è funzione della loro posizione relativa che deve essere scelta opportunamente [5].

L'uso di antenne retrodirettive attive comporta naturalmente apparecchiature di bordo più complicate, un po' meno sicure e stabili nel tempo ed un maggior consumo di energia a bordo.

In tutti i sistemi sinora descritti si contrappone al vantaggio di una struttura relativamente semplice il difetto che la schiera di Van Atta, al fine di un corretto fun-

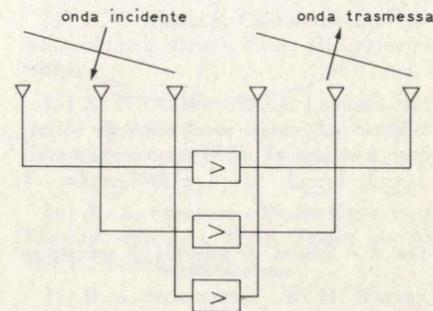


Fig. 5 - Schiera di Van Atta attiva.

zionamento, deve essere disposta su una superficie piana. Questo impone una certa stabilizzazione della posizione del satellite in volo.

Per contro si possono realizzare altri tipi di schiere retrodirettive che non soffrono di questo inconveniente, ed hanno ulteriori pregi, come le antenne autofocalizzanti.

### 3) Antenne autofocalizzanti.

Sono antenne ogni elemento delle quali ha la proprietà di « sentire » la fase dell'onda che su esso incide e di applicare questa informazione in modo da ritrasmettere un fronte d'onda tale che i vari contributi, dati dai singoli elementi, ritornino in fase alla sorgente primaria. Tutto ciò è ottenuto senza avere alcuna conoscenza a priori della posizione della sorgente o delle caratteristiche del fronte d'onda incidente.

Questi sistemi consentono di ottenere una focalizzazione anche nel caso di sorgenti che si trovino nella zona di Fresnel o di Fraunhofer dell'antenna, di compensare eventuali inomogeneità, purchè non troppo piccole, nel

mezzo di propagazione, e di avere antenne con elevato guadagno.

Lo schema di principio di una antenna autofocalizzante è indicato in figura 6. L'antenna [6] è costituita da una schiera, ogni elemento della quale è collegato, tramite un circolatore cioè un elemento non reciproco che per-

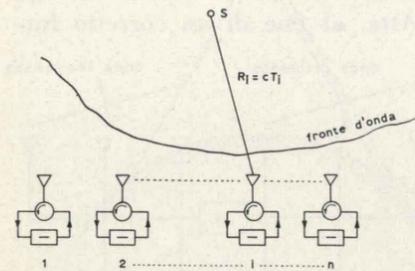


Fig. 6 - Schema di principio di un'antenna autofocalizzante.

mette nel suo interno un sol verso di percorrenza del segnale, ad un circuito che cambia il segno alla fase del segnale che arriva. Il segnale uscente da questo circuito, tramite ancora il circolatore, viene reirradiato dallo stesso elemento della schiera che lo aveva ricevuto. Così se l'i-esimo elemento della schiera riceverà un segnale  $|A_i|e^{+j\varphi}$  lo stesso elemento ritrasmetterà  $|A_i'|e^{-j\varphi}$  dove  $|A_i'|$  è proporzionale ad  $|A_i|$ .

Il segnale trasmesso dalla sorgente sia caratterizzato da un fattore funzione del tempo del tipo  $\cos(\omega_0 t + \varphi_i)$  e sia  $T_i = \frac{R_i}{c}$  il tempo che impiega il segnale a percorrere il cammino  $R_i$  dalla sorgente all'i-esimo elemento della schiera, essendo  $c$  la velocità di propagazione. L'i-esimo elemento raccoglierà un segnale caratterizzato da un fattore temporale:

$$\cos[\omega_0(t - T_i) + \varphi_i] = \cos[\omega_0 t - (\omega_0 T_i - \varphi_i)].$$

All'uscita della rete che effettua l'operazione di cambiamento di segno della fase avremo un segnale con fattore funzione del tempo:

$$\cos(\omega_0 t + \omega_0 T_i - \varphi_i)$$

e questo viene reirradiato. All'arrivo alla sorgente si avrà nuovamente un ritardo di tempo  $T_i$  e perciò il segnale di ritorno è caratterizzato da un fattore:

$$\cos[\omega_0(t - T_i) + \omega_0 T_i - \varphi_i] = \cos(\omega_0 t - \varphi_i)$$

indipendente dal tempo di transito  $T_i$ . In tal modo alla sorgente si raccoglie una somma coerente dei vari contributi di segnale reirradiati da ciascun elemento della schiera.

Gli elementi della schiera possono essere di dimensioni diverse e diversamente spaziatati ed inoltre possono essere disposti su superfici di forma qualsiasi.

L'operazione di cambiare segno alla fase, in pratica, può essere fatta in vari modi: quello che appare più semplice e efficiente è schematizzato in fig. 7. L'oscillatore locale a pulsazione  $\omega_1$  è comune a tutti gli elementi della schiera ed è collegato a ciascun mescolatore con linee di lunghezza eguale. Perciò ogni mescolatore introdurrà lo stesso sfasamento, e poichè a noi interessano le fasi relative tra i vari contributi di ritorno alla sorgente, possiamo trascurare questo sfasamento nella trattazione che segue. Il segnale, che giunge all'i-esima antenna con fase istantanea  $[\omega_0(t - T_i) + \varphi_i]$ , mediante il diplexer, costituito semplicemente da due filtri passabanda, viene portato al mescolatore. Qui si mescola con una oscillazione di pulsazione  $\omega_1$  leggermente diversa da  $2\omega_0$  e dal mescolatore si preleva un segnale che ha pulsazione  $\omega_s = (\omega_1 - \omega_0)$  che è poco differente da  $\omega_0$  ed ha fase istantanea  $[\omega_s t + \omega_0 T_i - \varphi_i]$ . Attraverso il diplexer il segnale torna sull'antenna e viene reirradiato cosicchè alla sorgente ritorna un segnale con fase istantanea  $[\omega_s t - (\omega_s - \omega_0) T_i - \varphi_i]$ , la quale è quasi indipendente da  $T_i$  se  $\omega_s$  non è troppo differente da  $\omega_0$ . Questo fatto comporta un piccolo errore tra angolo di rifles-

sione della schiera e angolo di incidenza. D'altra parte il fatto che la frequenza ritrasmessa sia un po' differente da quella incidente facilita il compito di separare a terra l'onda ricevuta da quella trasmessa e l'isolamento tra ingresso e uscita di ogni elemento della schiera a bordo del satellite viene affidato ai filtri. Questo isolamento è molto importante per evitare ef-

fetti di reazione nel caso che a bordo si effettui anche una amplificazione.

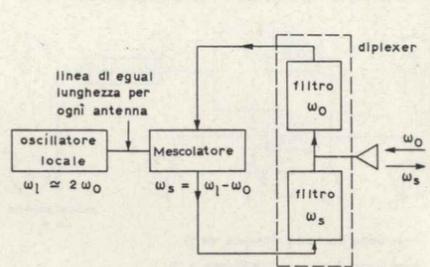


Fig. 7 - Elemento di antenna autofocalizzante.

fetti di reazione nel caso che a bordo si effettui anche una amplificazione.

Il mescolatore più conveniente sembra essere quello a « diodo tunnel » che richiede pochissima potenza ed eventualmente permette anche di avere un guadagno di conversione.

La banda passante del sistema sarà evidentemente funzione della differenza tra le due pulsazioni  $\omega_s$  e  $\omega_0$  e sarà pertanto limitata dal massimo errore ammissibile tra la direzione di incidenza e quella di riflessione; la limitazione potrebbe essere tolta utilizzando un circolatore all'ingresso di ogni antenna.

Il sistema autofocalizzante descritto permette di utilizzare addirittura schiere a disposizione sferica, che ricoprano tutta la superficie del satellite: il satellite non necessita così di alcuna stabilizzazione.

Riassumendo, i sistemi sino ad ora considerati soffrono di alcuni difetti:

1) una conversione di frequenza altera l'angolo di focalizzazione: se la frequenza in uscita è diversa da quella di entrata l'angolo in uscita è diverso da quello

in entrata. La deviazione si ha in due dimensioni e varia con l'angolo di incidenza. Una differenza del 10% tra le due frequenze equivale circa ad una deviazione di 6° per un angolo di incidenza di 45°.

2) Il guadagno degli amplificatori è limitato a causa della possibilità di innesco di oscillazioni.

3) Vi sono difficoltà nelle apparecchiature di diplexing a terra.

4) Si richiede un segnale continuo trasmesso da terra, cioè chiunque può interrogare il satellite e riceverne l'informazione mentre per alcuni scopi potrebbe essere necessario, per ragioni di segretezza, che il satellite risponda solo ad interrogazioni in codice convenuto.

5) Si devono avere tanti amplificatori e convertitori quante sono le antenne, con la difficoltà di mantenere minime le differenze di fase relative tra i vari amplificatori, modulatori e convertitori.

6) Il segnale ritrasmesso è proporzionale a quello interrogan-

te e di conseguenza le eventuali fluttuazioni del segnale risultano esaltate.

Se si vogliono superare questi svantaggi occorre utilizzare un sistema comunemente detto « Switched Beam » [10]. In un sistema di questo tipo il segnale pilota, che viene dalle stazioni di terra, è usato per controllare elettronicamente una matrice di interruttori che agiscono sull'alimentazione degli elementi della schiera in modo che il fascio trasmesso abbia la direzione voluta. Si può in tal modo far sì che il satellite risponda solo ad interrogazioni in codice.

Questo sistema permette di ottenere solo un numero discreto e limitato di direzioni del fascio. Inoltre il sistema è molto complicato e dà un grado di affidamento assai più limitato, anche se per altri versi presenta indubbi vantaggi.

D'altra parte esulerebbe dagli scopi che ci siamo prefissi il descriverlo più dettagliatamente in questa sede.

Vincenzo Pozzolo

## BIBLIOGRAFIA

- [1] E. L. GRUEMBERG - C. M. JOHNSON, *Satellite Communications Relay System Using a Retrodirective Space Antenna*, IEEE Trans. on P. and A., marzo 1964.
- [2] M. J. KING - R. K. THOMAS, *Gain of Large Scanned Arrays*, IRE Trans. on A. and P., novembre 1960.
- [3] R. W. BICKMORE, *A Note on the Effective Aperture of Electrically Scanned Arrays*, IRE Trans. on A. and P., aprile 1958.
- [4] R. C. HANSEN, *Communication Satellites Using Arrays*, Proc. IRE, giugno 1961.
- [5] S. N. ANDRE - D. J. LEONARD, *An Active Retrodirective Array for Satellite Communications*, IEEE Trans. on A. and P., marzo 1964.
- [6] M. J. SKOLNIK - D. D. KING, *Self Phasing Antennas*, IEEE Trans. on A. and P., marzo 1964.
- [7] B. A. SICHELSTIEL - W. M. WATERS, *Self-focusing array research model*, IEEE Trans. on A. and P., marzo 1964.
- [8] E. M. RUTZ - PHILIPP, *Spherical Retrodirective Array*, IEEE Trans. on A. and P., marzo 1964.
- [9] CHUCK Y. PON, *Retrodirective Array Using The Heterodyne Technique*, IEEE Trans. on A. and P., marzo 1964.
- [10] C. A. BELFI - C. ROTHENBERG - L. SCHATZMAN - R. E. TILLEY - A. WILLS, *A Satellite Data Transmission Antenna*, IEEE Trans. on A. and P., marzo 1964.

## Sulla estensione dei criteri di valutazione della tortuosità di un tracciato stradale ad elementi non geometrici

FRANCO MAGGI, interpretando il concetto di « tortuosità » di un tracciato stradale in senso più ampio e meglio aderente alla realtà, esamina i fattori « non geometrici » che influenzano il parametro, al fine di pervenire alla valutazione di un indice di tortuosità « globale ».

### 1. PREMESSE.

1.1. Dalle definizioni che vari Autori danno della « tortuosità » di un tracciato stradale, sembra potersi riassumere il concetto in una sensazione psico-fisiologica di disagio, a cui viene assoggettato l'utente, derivante dalle caratteristiche geometriche dell'asse o dagli elementi cinematici del moto.

Il grado di intensità con cui questa sensazione si manifesta può servire a stabilire un « indice di tortuosità » che potrebbe in certo senso considerarsi l'unità di misu-

ra della « qualità » di un tracciato. Le cause di questo disagio sono da ricercarsi, com'è noto, principalmente nella accelerazione centrifuga ed in genere in tutti gli eventi che sono causa di alterazione di un moto confortevole.

1.2. Studi sull'argomento si sono succeduti in tempi anche recenti mettendo in evidenza non solo le relazioni fra tortuosità e caratteristiche geometriche del tracciato che sono le più evidenti, ma altresì i rapporti fra la velocità del veicolo e detto parametro o

l'incidenza di questo sulla capacità della via.

È stato giustamente rilevato che l'argomento mal si adatta ad essere sintetizzato in espressioni analitiche che in forma semplice riescano a metterne in evidenza anche gli aspetti non geometrici. Cosicché nonostante le indicazioni incomplete che il criterio di valutazione della tortuosità basato sulla sola geometria del tracciato fornisce, esso sembra essere allo stato delle cose, il più soddisfacente.

Se esistono difficoltà ed ostacoli ad una trattazione analitica com-

pleta, non per questo si affievolisce l'interesse sostanziale del problema che deriva la sua ragion d'essere non tanto dalla potenziale verifica numerica di tracciati in progetto, quanto dalle caratteristiche plano-altimetriche della intera rete stradale ordinaria nostra e dalle necessità di bonifiche e rettifiche di tracciati, ogni giorno più impellenti.

La conoscenza della tortuosità dei vari tracciati, purchè espressa in funzione di tutti gli elementi capaci di influenzare detto parametro definito nel senso sopra esposto (si potrebbe parlare di tortuosità « globale »), renderebbe possibile la formulazione di criteri di valutazione delle singole capacità limiti permettendo l'impostazione di razionali e tempestivi piani d'intervento.

Sono infatti da ritenere, a mio avviso, non sempre attendibili i valori di capacità derivanti da semplici considerazioni sulle caratteristiche geometriche della sezione trasversale, presupponendo tale criterio condizioni di moto troppo lontane da quelle reali, anche quando si estenda l'esame al profilo longitudinale del tracciato.

Senonché i criteri di valutazione numerica del parametro « tortuosità » fino ad oggi proposti, pur estendendo le loro considerazioni a fattori collaterali alla pura e semplice geometria del tracciato, non permettono per la loro stessa formulazione, una determinazione « globale » del parametro richiesto.

In tal caso interventi guidati da indici di tortuosità valutati con i criteri correnti potrebbero non riuscire razionali in quanto suggeriti unicamente dalla geometria dell'asse stradale. Né mi sembra sufficiente la considerazione degli elementi collaterali accennati a variare la sostanza del parametro, trattandosi pur sempre di fattori direttamente o indirettamente legati alla geometria del tracciato.

D'altra parte solo una valutazione numerica, funzione di tutti gli elementi capaci di influire negativamente sulla confortevolezza e

sicurezza del moto lungo il percorso prescelto può fornire un indice significativo ed elementi di confronto soddisfacenti.

1.3. Ritengo inoltre che per giungere ad una valutazione globale della tortuosità sia indispensabile prendere in considerazione, insieme con la sensazione fisiologica di disturbo, anche quella di disagio psicologico (tanto frequente nel guidatore) che, pur senza evidenti manifestazioni esteriori, influisce in misura determinante sull'equilibrio nervoso del conducente incidendo negativamente sulla valutazione di « comfort » del tracciato.

Esistono è vero difficoltà non ancora superate a tradurre analiticamente attraverso relazioni generalizzate, fattori di tortuosità « psicologici » ma non si può per questo trascurare di estendere anche ad essi l'esame, in sede di valutazione della tortuosità di un singolo tracciato, se si vuole un parametro veramente rappresentativo della qualità del percorso.

Di fatto gli studi più recenti sulla tortuosità, pur non limitandosi a valutazioni puramente geometriche e pur prospettando la difficoltà di introdurre altri elementi nelle espressioni analitiche proposte, non includono nella valutazione fattori di estrema importanza, per la loro capacità, non solo potenziale, di influenzare i valori numerici dell'indice stesso.

Può essere interessante esaminare, se pure sinteticamente, quali possono essere i fattori « non geometrici » di maggior rilievo, da prendersi in considerazione.

## 2. LA TORTUOSITÀ IN FUNZIONE DI ELEMENTI NON GEOMETRICI.

2.1. Fra i fattori non geometrici di valutazione dell'indice si possono considerare ad esempio, il traffico industriale e l'eterogeneità degli utenti.

Un automezzo pesante o un veicolo lento in genere, possono imporre rallentamenti e deviazioni di traiettorie ai veicoli che lo se-

guono principalmente in rapporto alle seguenti eventualità:

- traffico, anche modesto se distribuito con relativa uniformità, in senso opposto a quello considerato ma in assenza di una corsia per il sorpasso;
- esistenza di una corsia per il sorpasso promiscuo ma con traffico incrociante intenso;
- esistenza di divieti per insufficiente visibilità, anche in assenza di traffico in senso opposto.

Non è il caso di accennare alle strade a corsie separate per il sorpasso nei due sensi (strade ad almeno quattro corsie o a doppia carreggiata) trattandosi di soluzione oggi assai raramente applicata sulla nostra rete viaria ordinaria e solo comunque, per brevi tronchi di strade suburbane.

2.2. È interessante rilevare che la valutazione della tortuosità geometrica dovrebbe in ogni caso essere fatta non in base all'andamento planimetrico della corsia di marcia del veicolo ma a quello della sua reale traiettoria.

Infatti se in senso altimetrico il veicolo non può che seguire il profilo del piano viabile, è ovvio invece che l'andamento planimetrico della traiettoria può scostarsi sensibilmente dall'asse della corsia.

È facile individuare le ragioni che impongono al veicolo questi scostamenti; assai più arduo ne appare la valutazione della reale influenza e pressoché impossibile esprimerla analiticamente, a causa della sua stretta dipendenza da elementi variabilissimi quali il volume, la distribuzione e la qualità del traffico.

In un tronco di strada A-B se  $n$  è il numero dei veicoli marcianti da A verso B a velocità « di gruppo »  $v'$ , un veicolo veloce che si trovi in A marciando nello stesso senso dei precedenti a velocità  $v$ , dovrà mediamente superare un numero di veicoli:

$$n' = \frac{v - v'}{v} n$$

Tenendo quindi conto delle quattro deviazioni di traiettoria più o meno marcate imposte al veicolo veloce in ogni manovra di sorpasso, appaiono evidenti le sollecitazioni (accelerazioni centrifughe) che dette deviazioni trasmettono agli occupanti del veicolo in aggiunta a quelle derivanti dall'andamento planimetrico dell'asse.

Inoltre il rallentamento che può essere imposto, in fase di sorpasso, dal traffico in senso opposto e la conseguente accelerazione provocano sensazioni fisiologiche non gradevoli e capaci quindi di incrementare ulteriormente la tortuosità del tracciato.

Manovre del tipo suesposto sono naturalmente più frequenti sulle strade con notevole traffico di veicoli pesanti o lenti.

2.3. Oltre al traffico incrociante possono essere causa di decelerazioni rapide anche i divieti di sorpasso sui dossi, allorquando il veicolo che precede sia lento. In questo caso mi sembra intervenga in particolare ad incrementare la tortuosità nel senso inizialmente definito, una sensazione sgradevole di natura psicologica che nasce dalla forzata e talora prolungata marcia a velocità ridotta anche quando la corsia a fianco è assolutamente sgombra. Qui il divieto cessa di essere considerato una norma necessaria ed interviene spesso una valutazione irrazionale che lo fa apparire, a taluni utenti, poco meno che un sopruso e ciò contribuisce ovviamente a rafforzare la sensazione di cui s'è detto.

Eppure tali strade in assenza di traffico lento (nei giorni festivi ad esempio) possono essere percorse in condizioni affatto soddisfacenti.

Ma se il traffico lento esiste e per giunta in aliquota elevata come in effetti si verifica sulla nostra rete viaria, senza che vi sia destinata, nemmeno nei tratti in ascesa, una sede propria, non lo si può ignorare, pur se la sua influenza sulla tortuosità può esse-

re estremamente variabile, in rapporto alla distribuzione dello stesso ed alle caratteristiche geometriche (anche trasversali) della via e quindi di valutazione alquanto incerta.

2.4. In aggiunta a quelli accennati sono ancora, a mio avviso, fattori di potenziale tortuosità, le immissioni e gli attraversamenti. Il contributo naturalmente è variabile in rapporto agli indici di traffico reciproci, anche se sembra lecito ritenere non possa scendere sotto un valore minimo che si concreta nella maggior attenzione richiesta al conducente o nel rallentamento precauzionale, anche in assenza di traffico sulla via che immette nel tracciato principale.

Se poi l'importanza del traffico confluyente è tale da richiederlo, si può giungere alla regolamentazione semaforica dell'incrocio e conseguente arresto alternato di una corrente di traffico. Ciò non può essere ovviamente trascurato nella valutazione dell'indice di tortuosità di un tracciato se essa deve tener conto di tutte le cause che allontanano il veicolo da condizioni prossime a quelle di moto rettilineo e uniforme.

2.5. Estendendo oltre l'esame si può vedere che altri elementi non ancora entrati nella valutazione del parametro, appaiono capaci di influenzare la tortuosità.

Lungo qualsivoglia percorso esistono sempre opere d'arte e manufatti dei tipi più svariati (ponti, gallerie, fabbricati agricoli, civili, industriali, passaggi a livello, ecc.).

Anche qui se è indubbio da un lato che dette opere costituiscono potenziali ostacoli alla fluidità e sicurezza della circolazione, specie per strade a due sole corsie, dall'altro estremamente incerta ne appare una valutazione quantitativa ai fini del contributo alla tortuosità.

Le massicce spallette (parapetti) di vecchi ponti in muratura

rientranti a formare vere e proprie strettoie (fortunatamente in via di eliminazione su molte strade), le costruzioni di vario genere in fregio alla via, anche in assenza di precisi divieti (limiti di velocità, divieti di sorpasso, ecc.), costituiscono altrettanti ostacoli materiali o semplicemente psicologici che consigliano all'utente una condotta prudentiale il cui effetto pratico immediato è quello di imporre, insieme con una riduzione di velocità di transito del veicolo, variazioni più o meno marcate di traiettoria. Il che oltre a costituire elemento di tortuosità da non ignorarsi mi sembra richiami in causa il concetto stesso di « virtualità » di un tracciato per l'evidente interferenza dei due parametri.

2.6. Nè si può trascurare la « relatività » dell'indice in rapporto alle varie categorie di utenti ed alle condizioni ambientali.

Se infatti rilevante può essere l'influenza dei veicoli lenti o di grande mole sui restanti utenti, assai blanda è invece l'azione di questi sui primi, almeno entro certi limiti di intensità di traffico.

Si sarebbe quasi tentati di calcolare un indice di tortuosità per ogni categoria di utenti. Il che sembra giustificato dalla introduzione, nel calcolo del parametro, di elementi cinematici o dinamici del traffico e non solamente degli elementi geometrici caratteristici del tracciato.

Sotto questo aspetto poi, il tener conto del veicolo come elemento singolo ignorando nella considerazione degli elementi cinematici che influiscono sulla valutazione del parametro l'influenzamento reciproco fra più veicoli, non può, a mio avviso, essere accettato come semplice sacrificio concettuale: così facendo si pongono sì le basi di partenza in forma elementare ma viene alterata la realtà intrinseca del fenomeno ed è pertanto non indicativo, per non dire inattendibile, l'indice di tortuosità a cui per detta via si perviene.

È da presumere inoltre che, impostata la questione su basi più aderenti alla realtà, si dovrebbe distinguere la valutazione, almeno a giudicare da taluni dati statistici sulla circolazione, in rapporto al senso di percorrenza del tracciato, per cui questo dovrebbe presentare, io penso, indici differenziati per i due sensi di marcia dell'utente.

La relatività della tortuosità potrebbe essere considerata anche nei confronti dell'ambiente, soprattutto per quanto concerne la visibilità. È noto che strade solitamente percorribili con piena soddisfazione dell'utente, possono in rapporto alla visibilità od alle condizioni (anche per quanto riguarda lo stato di conservazione) del piano viabile, presentare validi motivi di disagio per l'insufficiente senso di sicurezza sia pur esso di natura contingente.

### 3. LA TORTUOSITÀ IN RAPPORTO AGLI ASPETTI GEOMETRICI MENO EVIDENTI

3.1. Gli elementi geometrici di un tracciato non si esauriscono nella planimetria dell'asse. L'altimetria del piano viabile e le caratteristiche geometriche della sezione trasversale, se pur meno appariscenti, possono influenzare tuttavia in misura determinante il parametro tortuosità.

3.2. Le formule proposte escludono dalla loro considerazione uno degli aspetti geometrici fondamentali del tracciato, quello altimetrico.

In tal modo strade altimetricamente ondulate (tipiche ad esempio del territorio astigiano ed in genere le strade collinari) costituite da rettifili raccordati da curve sufficientemente ampie, presenterebbero un basso indice di tortuosità. In realtà, anche per ragioni già esposte, il disagio sia di ordine fisiologico che psicologico, potrebbe risultarne assai elevato per la media degli utenti.

È bensì vero che tracciati alti-

metricamente tormentati lo sono in genere anche planimetricamente. A parte comunque le eccezioni alla regola, resta sempre il fatto che se alle accidentalità planimetriche si aggiungono quelle altimetriche, la tortuosità anche geometrica, non può che risultarne incrementata.

3.3. Ultime della serie sarebbero da considerare le caratteristiche geometriche della sezione trasversale e precisamente la larghezza ed il numero delle corsie, la pendenza trasversale, la presenza o meno di piste ciclabili, di banchine o di alberature ai bordi della via.

È evidente che corsie ampie possono permettere incrocio e sorpasso contemporanei dei veicoli veloci anche su strade a due corsie, con vantaggio per la fluidità della circolazione pur senza ridurre apprezzabilmente la sicurezza. Corsie strette (sotto i 3 m ad es.) possono imporre rallentamenti più o meno rimarchevoli anche in fase di semplice incrocio con altri veicoli in rapporto alle dimensioni reciproche degli utenti interessati.

La pendenza trasversale può influenzare la tortuosità quando superi certi limiti oltre i quali riesce difficile, sia al conducente che ai passeggeri, trovare un assetto gradevole all'interno dell'abitacolo. È proprio anzi l'insorgere di questo senso di disagio, da riportare peraltro anche alla velocità del veicolo, a stabilire il limite max tollerabile di detta pendenza.

La presenza di banchine, specie se pavimentate, aumenta in linea pratica ma ancor più sotto l'aspetto psicologico, l'ampiezza della sede contribuendo ad attenuare la tortuosità, anche geometrica, del tracciato.

Elemento negativo può essere invece la presenza di alberature continue sui bordi specie se troppo addossate al ciglio. L'effetto psicologico sull'utente si manifesta soprattutto attraverso un apparente restringimento della sede

viabile quando, in particolari periodi dell'anno, la presenza di alberi ai bordi non giunga a ridurre aderenza e visibilità in misura preoccupante.

### 4. RILEVAMENTI SPERIMENTALI

4.1. È possibile prescindere dalle considerazioni esposte nel valutare numericamente l'indice di tortuosità? Mi sembra più che giustificato rispondere negativamente, al punto che ritengo non potersi considerare significativi, nemmeno come elementi di confronto di tracciati, indici derivati solamente da considerazioni geometriche, in particolare se limitate ai soli elementi planimetrici.

È vero che i fattori di tortuosità esaminati sopra non intervengono « necessariamente » a determinarne l'indice; possono in altre parole apparire di carattere potenziale là dove gli elementi geometrici dell'asse, come caratteristiche intrinseche della strada, sono sempre presenti ed invariabili.

È facile d'altronde vedere come le formule per il calcolo della tortuosità derivate dagli elementi geometrici possano portare a risultati non concordanti con la realtà, specie quando si tratti di tronchi relativamente lunghi, come sembrano confermare taluni rilevamenti diretti.

4.2. A titolo esemplificativo calcoliamo gli indici di « tortuosità geometrica » di due tracciati che uniscono l'abitato di Villanova (in provincia di Asti) a Torino. Il 1° tracciato che indicheremo con la lettera A (fig. 1) è rappresentato dai tronchi iniziali delle Statali 29 e 29 Dir. e sviluppa km. 29,250; il 2° (che indicheremo con B) coincide con la parte iniziale della Statale 10 e sviluppa km. 28,220.

Nelle valutazioni numeriche i due tronchi sono stati delimitati agli estremi comuni rispettivamente dal bivio di Villanova e dal ponte Isabella sul Po a Torino.

Con riferimento alla fig. 2 gli indici di tortuosità si possono cal-

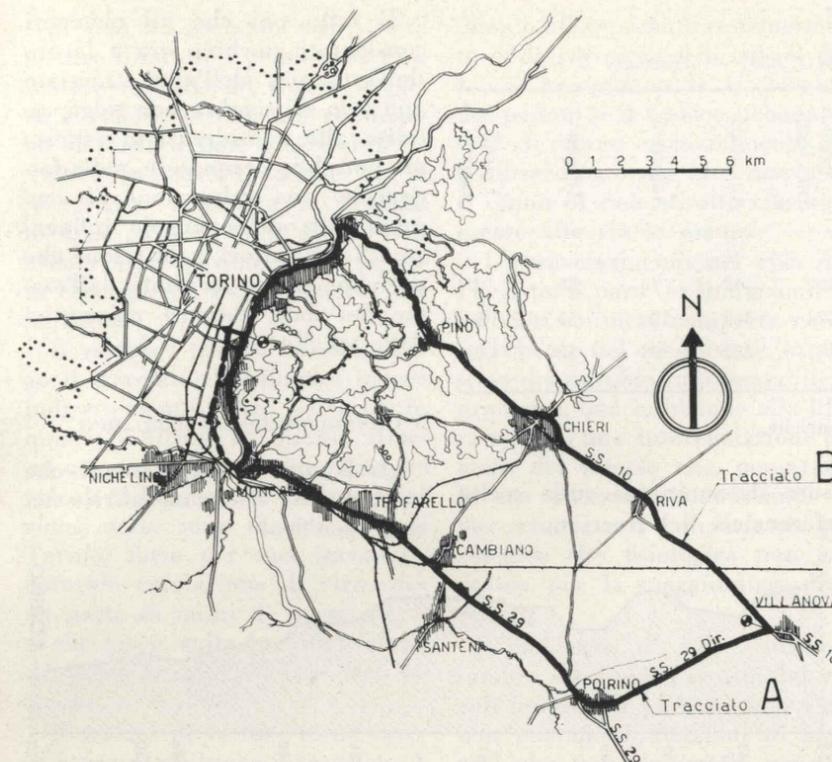


Fig. 1.

colare con le relazioni puramente geometriche:

$$t' = \frac{\sum \alpha R}{L} = \frac{\sum s}{L} \quad (1)$$

$$t'' = \frac{\sum \frac{\alpha}{R}}{L} \quad (2)$$

dove L è lo sviluppo lineare del tronco considerato.

Sostituendo nelle predette relazioni i valori numerici relativi agli assi dei due tracciati risulterebbe:

— per tracciato A

$$t'_A = \frac{3.266}{29.250} = 0,112$$

$$t''_A = \frac{0,175923}{29.250} = 0,601 \times 10^{-5}$$

— per il tracciato B

$$t'_B = \frac{5.466}{28.220} = 0,194$$

$$t''_B = \frac{0,370005}{28.220} = 1,311 \times 10^{-5}$$

Si possono calcolare i rapporti fra gli indici dei due tracciati:

— nel 1° caso

$$\frac{t'_A}{t'_B} = \frac{0,112}{0,194} = \frac{1}{1,75} = 0,577$$

— nel 2° caso

$$\frac{t''_A}{t''_B} = \frac{0,601}{1,311} = \frac{1}{2,18} = 0,458$$

A risultati sostanzialmente conformi a questi si giungerebbe applicando la nota relazione propo-

sta dal prof. Benini per il calcolo del « grado di flessuosità »:

$$\varphi = \varrho_0 \frac{\sum s \alpha \varrho}{L}$$

dove

$$\varrho_0 = \sqrt{\frac{R_0}{R_{\min}}}, \quad \varrho = \sqrt{\frac{R}{R_{\min}}}$$

e i rimanenti simboli hanno il significato noto.

In ogni caso il responso, anche se i tracciati presentano entrambi tortuosità alquanto modeste, risulta decisamente favorevole al tracciato A (S.S. n. 29 - n. 29 Dir.) che da un punto di vista puramen-

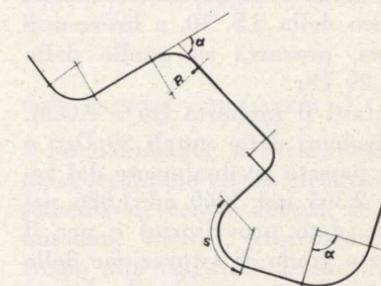


Fig. 2.

te geometrico (11,2% di curve contro 19,4% del tracciato B) appare assai meno tormentato.

Senonché però le più recenti statistiche del traffico da Villanova a Torino (riportate in forma riassuntiva nelle tabelle 1 e 2) se da un lato denunciano una sia pur lieve, residua prevalenza di traffico « equivalente » (in vetture teoriche) per il tracciato A, mettono però in evidenza, confrontate con le componenti qualitative del traffico degli ultimi anni, la

TABELLA I

T.G.M.: (diurno) S.S. n. 29 Dir. (Progr. km. 4,870) — Tracciato A —

Rilevamento	Cicli	Ciclomotori	Moto	Vetture	Motocarri Tr. stradali Aut. legg.	Autocarri	Autotreni	Autobus	Veicoli agricoli
festivo	55	65	157	7.024	130	67	57	32	8
feriale	55	57	148	3.626	251	542	698	33	23
globale	55	54	152	4.475	230	423	538	33	20

T.G.M. equivalente (diurno) = 7.604 vetture teoriche.

TABELLA II

T.G.M. (diurno) S.S. n. 10 (progr. km 17,350) — Tracciato B —

Rilevamento	Cicli	Ciclomotori	Moto	Vetture	Motocarri Tr. stradali Aut. legg.	Autocarri	Autotreni	Autobus	Veicoli agricoli
festivo	241	58	383	6.117	162	42	13	36	2
feriale	555	89	375	4.939	324	363	120	55	9
globale	476	81	377	5.160	281	281	93	50	7

T.G.M. equivalente (diurno) = 7.004 vetture teoriche.

tendenza marcata di talune categorie di utenti verso il tracciato B, per cui è da presumere che il traffico della S.S. 10, a breve scadenza, prevarrà su quello della S.S. 29 Dir.

Infatti il rapporto fra i T.G.M. equivalenti delle statali 29 Dir. e 10 è passato gradualmente dal valore 2,365 nel 1960 ad 1,086 nel 1965 (dato provvisorio) e per il diverso grado di saturazione delle due vie è da supporre che buona parte dei prossimi incrementi di traffico saranno attratti dal tracciato B.

D'all'esame delle tabelle si può comunque notare una prevalenza netta di velocipedi ed autovetture, nei giorni feriali, lungo il tracciato B mentre assolutamente predominante rimane il traffico pesante lungo il tracciato A, anche per il richiamo offerto dalla concentrazione industriale nella periferia nord-ovest della città, oltre che per la diversa altimetria dei due percorsi (figg. 3-4).

Ciò non altera comunque il rapporto fra i due volumi di traffico che tende ormai rapidamente verso l'equilibrio numerico.

Quali dunque i motivi che inducono una forte maggioranza di talune classi di utenti a servirsi del tracciato geometricamente più tortuoso ed altre a disertarlo? Non certamente la minor lunghezza ampiamente compensata dall'andamento altimetrico decisamente a favore del percorso più lungo, come il relativo profilo mostra chiaramente.

A mio giudizio, sono proprio i fattori non geometrici precedentemente analizzati ad influire in

Il fatto poi che gli elementi considerati giochino ora a favore dell'uno, ora dell'altro tracciato non solo mi sembra non tolga validità alle considerazioni esposte ma potrebbe permettere, nella fattispecie, una valutazione almeno qualitativa delle singole influenze dei vari fattori, valutazione che potrebbe essere facilitata dall'esame dei dati statistici riassuntivi delle tabelle.

## 5. CONSIDERAZIONI E DEDUZIONI.

Quali sono i suggerimenti che le statistiche sembrano offrire nel caso specifico?

misura determinante sulla scelta preferenziale del tracciato.

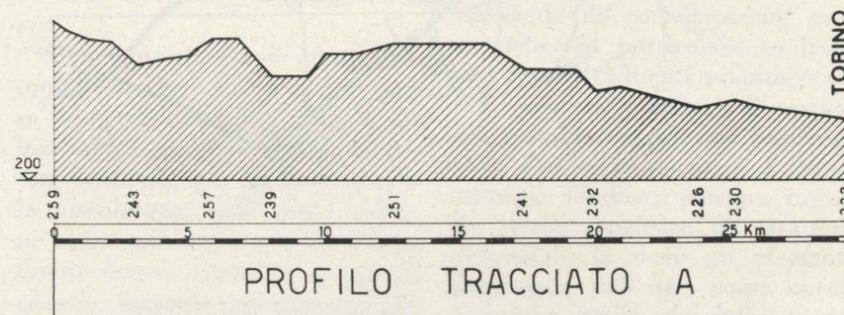


Fig. 3.

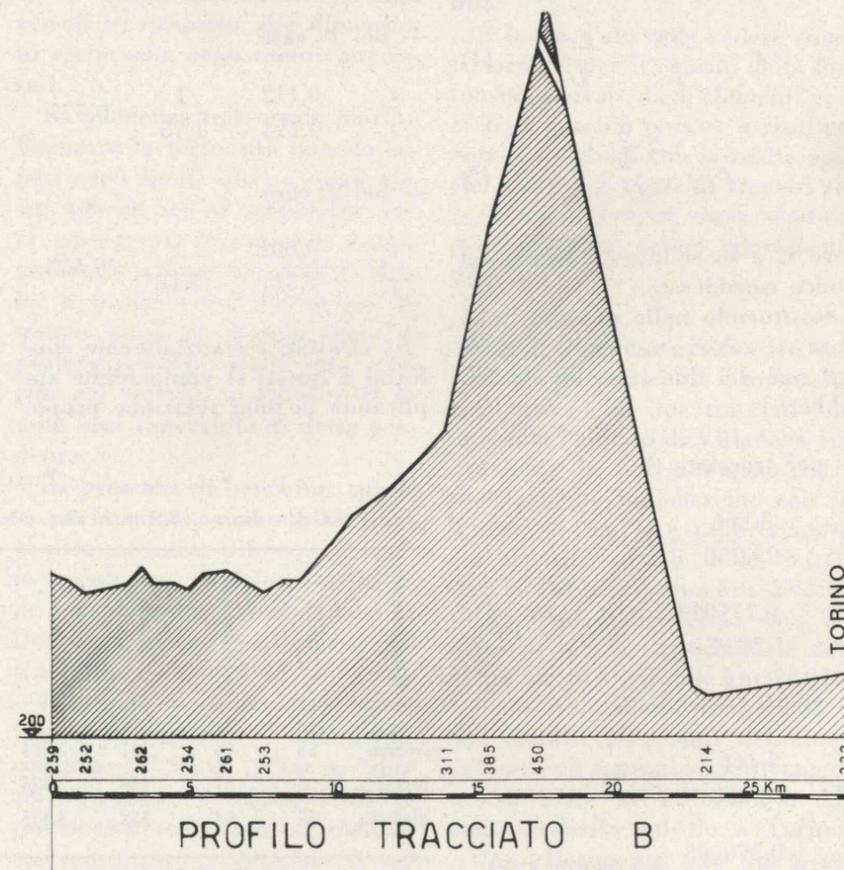


Fig. 4.

Si può ad esempio vedere che mentre il fattore « pendenza » non sembra influire sul traffico leggero e veloce, certamente condiziona in misura non trascurabile il traffico industriale, anche se la preferenza accordata al tracciato A da parte di quest'ultimo non è da ritenersi, come s'è detto, solo conseguenza dell'altimetria del percorso.

Il maggior traffico pesante lungo il tracciato A influenza invece indirettamente l'altro percorso, in quanto indirizza su questo, almeno nei giorni feriali, una parte dei veicoli veloci, anche con destinazione nella zona meridionale di Torino, forse per una inconscia, naturale valutazione di virtualità da parte di molti di questi utenti che gioca, sulla base del tempo di percorrenza, a favore del secondo.

Il traffico di vetture torna invece a prevalere lungo il tracciato A nei giorni festivi quando vi è assenza o quasi di traffico pesante.

L'eterogeneità del traffico (dovuta essenzialmente alla presenza di veicoli agricoli e velocipedi), pur essendo più marcata lungo il tracciato B, la cui sezione è provvista peraltro di ampie banchine, pesa maggiormente sul tracciato A sprovvisto in genere di piste ciclabili. Ciò può spiegare anche la preferenza all'altro tracciato, da parte dei veicoli veloci, relativamente meno influenzati dalla mancanza di omogeneità degli utenti, grazie alla maggior elasticità di manovra.

Immissioni ed attraversamenti di un certo rilievo prima dell'ingresso in Torino, risultano, in numero di 14 per il tracciato A e di 6 per il tracciato B, esclusi gli attraversamenti all'interno degli abitati, assai più numerosi nel 1° caso. Ciò può favorire il dirottamento di parte dei veicoli veloci lungo il tracciato B.

Senza dubbio influente è da ritenersi ancora, a mio giudizio, la fabbricazione in fregio alla carreggiata che per il tracciato A si verifica quasi con continuità sulla 2ª metà del percorso, interessato inoltre da un passaggio a livello.

Si tratta naturalmente di un elemento psicologico negativo in

quanto all'apparente restringimento della carreggiata di cui s'è detto, si accoppiano la circolazione dei pedoni e il traffico urbano locale, di natura essenzialmente lenta, disordinato nei suoi movimenti e non di rado diretto trasversalmente alla via in esame.

L'attraversamento nel vivo dell'abitato, a parte le limitazioni ed i divieti consueti, comporta necessariamente nel conducente, in possesso del minimo indispensabile di prudenza, una inibizione alla libera marcia, una autoregolazione del moto del veicolo che, nonostante la sua necessità riconosciuta, ha pur sempre una influenza sia psicologica che fisiologica non gradevole per la maggioranza degli utenti.

L'incidenza di tale situazione sembra assai meno sentita dai veicoli industriali (almeno fino a che non esistano limitazioni di sagoma) che non da quelli turistici. Per i primi può bastare una riduzione di velocità pari ad 1/3 di quella max consentita mentre per il veicolo leggero si tratta sempre di scendere almeno al 50% della sua velocità di crociera su strada aperta.

Minor peso sembra avere la presenza della galleria specie per il traffico diretto verso Torino in quanto l'eventuale presenza di veicoli pesanti marcianti in questo senso non limita apprezzabilmente la velocità potenziale « di gruppo », essendo la livelletta in discesa alquanto marcata (2%).

Non trascurabile sembrerebbe essere invece la presenza del tratto in galleria (980 m) per il traffico veloce in uscita da Torino la cui marcia verrebbe forzatamente ridotta dalla presenza di veicoli lenti a causa del divieto di sorpasso in detto tratto.

Quale ruolo possono giocare infine nella scelta le caratteristiche geometriche della sezione trasversale? Nella fattispecie, escludendo gli attraversamenti urbani, ritengo non determinante l'influenza di questo parametro sulla scelta del tracciato da parte dell'utente. Sotto questo aspetto infatti i due tracciati presentano caratteristiche assai prossime ed in ogni caso globalmente equivalenti. È

indubbio comunque che la presenza di banchine per pedoni, velocipedi, animali, ecc. non può non contribuire ad incrementare il senso di sicurezza ed a ridurre la tortuosità derivante da eterogeneità degli utenti.

Le ipotesi sopra avanzate stanno a dimostrare che non tutti gli elementi esaminati entrano nella valutazione dell'utente o se così non è, non vi entrano in ugual misura ma con « pesi » differenziati. La differenziazione però è relativa principalmente alla categoria di utenti ed in sottordine ad altri elementi quali direzione di marcia, orario di percorrenza, condizioni meteorologiche, ambientali ecc.

## 6. IL FATTORE « SICUREZZA ».

Fondamentali, nel caso esaminato, sembrano essere gli attraversamenti di centri abitati, le immissioni, incroci, costruzioni in fregio alla via, circolazione disordinata; in sostanza la insufficiente delimitazione della sede o la incompleta disponibilità nella stessa, cause entrambe di una potenziale riduzione delle condizioni minime di esercizio soddisfacente della strada. A queste insufficienti garanzie sembra essere sensibile, più che ad altri elementi, l'utente.

Le quali garanzie contribuiscono in misura determinante, particolarmente nel conducente, a creare uno stato d'animo disteso se esistenti, anormale in caso contrario, causa comunque di influenze psicofisiologiche notevoli.

In sostanza, pur tenuto conto del modesto valore dell'indice di tortuosità geometrica di entrambi i tracciati, la scelta non viene evidentemente fatta a caso dall'utente; appare plausibile invece che nella sua scelta entrino valutazioni non sempre evidenti ed esprimibili analiticamente e che sembrano, a mio avviso, il frutto naturale delle precedenti analisi.

Volendo fondere il mosaico delle considerazioni fatte penso che il tracciato B trovi la ragione fondamentale della sua predilezione in una maggior « sicurezza ».

Sembrerebbe quindi che un intrinseco indice di « sicurezza » più

che non un indice di « tortuosità », a mio avviso, possa meglio rappresentare la qualità di un tracciato e come tale costituire una valida base di confronto.

#### 7. ESPRESSIONE DI UN INDICE DI TORTUOSITÀ GLOBALE.

Se le ipotesi fatte in merito alle valutazioni dell'utente sono, come i fatti sembrano confermare, attendibili, è fuori dubbio che occorre integrare le formule precedentemente richiamate per giungere ad espressioni od a valori numerici maggiormente rappresentativi della tortuosità « globale ». E poiché s'è visto quali sono i fattori potenziali influenzanti questo parametro, si potrebbe cercare ad esempio di fissare dei coefficienti (anche variabili per permetterne una più elastica applicazione) per ognuno di essi, da introdurre nelle espressioni della tortuosità geometrica.

Così se, come nel caso esaminato, gli attraversamenti di centri abitati, le immissioni laterali, la presenza di traffico industriale, risultano essere i fattori di presumibile maggior peso nell'orientamento di una larga maggioranza degli utenti circa la scelta del tracciato, si potrebbe pensare di valutare l'indice globale integrando le (1) e (2) ad esempio con addendi che ne esprimano numericamente l'influenza come:

$$K_1 \frac{L^*}{L} \text{ (con } L^* \text{ sviluppo lineare delle traverse abitate);}$$

$$K_2 \frac{n}{N} \text{ (con } n \text{ numero dei veicoli che si immettono in un tempo } T \text{ ed } N \text{ traffico equivalente corrispondente per il tratto in esame);}$$

$$K_3 \frac{Ae}{N} \text{ (con } Ae \text{ traffico pesante espresso in vetture teoriche);}$$

nei quali  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  sono coefficienti da adeguarsi volta a volta secondo il « peso » dei singoli fattori quale contributo alla tortuosità globale.

Si tratta naturalmente di un tentativo per superare le difficoltà apparentemente insormontabili già

prospettate nelle analisi dei singoli fattori.

Una espressione integrata con gli addetti di cui sopra (né manca la possibilità di aggiungerne eventualmente altri) pur nella sua incompletezza nei confronti di una tortuosità globale, terrebbe tuttavia conto di fattori importanti di tortuosità che correggono il valore numerico dell'indice puramente geometrico permettendo, a mio avviso, confronti di tracciati più validi ed attendibili.

#### 8. CONCLUSIONI.

Due mi sembrano le logiche, se pur contrastanti, conclusioni a cui si può pervenire dopo le considerazioni precedenti:

a) i fattori di tortuosità esaminati non possono essere omessi nella valutazione dell'indice di tortuosità globale, se si vogliono ottenere valori numerici veramente indicativi della qualità di un tracciato;

b) non è possibile esprimere analiticamente ed in misura esauriente il contributo di tutti i fattori di tortuosità attraverso espressioni semplici ed omogenee.

Partendo da questa situazione di fatto quali vie esistono per valutare indici « globali » di tortuosità?

Una possibilità è quella già esposta vale a dire l'integrazione dell'indice geometrico con addendi legati ai singoli fattori non geometrici di tortuosità. La difficoltà principale consiste nella giusta formulazione dei « coefficienti di peso ».

Una seconda via sembra essere offerta dalla possibilità di prove sperimentali di laboratorio, intese alla ricerca di un indice globale.

Con altre finalità, è già stata prospettata in passato l'analogia fra la strada ed una condotta idraulica in pressione nella quale il traffico sostituisce il liquido in movimento. Mi sembra che, tenuto conto delle caratteristiche della circolazione e del moto dei veicoli, l'analogia sia più aderente quando alla condotta idraulica si sostituisca una condotta di fluido in moto turbolento.

Se l'asse della condotta riproduce la geometria dell'asse stradale, derivazioni, immissioni, saracinesche, rugosità di parete, strozzature, variazioni di sezione, verniciature di singoli tronchi con materiali diversi ecc. distribuiti con criteri di similitudine lungo la condotta, potrebbero rappresentare altrettanti punti di analogia con i fattori di tortuosità esaminati, specie se si tien conto della possibilità di immissione in condotta di miscele di gas con caratteristiche molecolari differenti e di variazione dei valori di pressione e temperatura delle prove.

I valori delle perdite di carico dovute alle singole caratteristiche, opportunamente interpretati, potrebbero contribuire alla formulazione di validi ed attendibili coefficienti numerici globali di tortuosità per ogni tipo di strada.

Una differenziazione fondamentale permarrrebbe tuttavia a limitare l'analogia dei due movimenti (fluido e traffico): mentre nella condotta si muoverebbe un fluido rigidamente ossequiente a precise leggi fisiche, sulla strada il veicolo è invece sempre influenzato, nel suo moto, da quel tanto di irrazionale che gli deriva dall'autonomia di decisione dell'essere umano.

Anche per questa via quindi utili indicazioni e contributi determinanti, non mai risultati netti e rigorosi per la valutazione del parametro. Sarebbe possibile ottenere in ogni caso valori più attendibili e maggiormente indicativi dei semplici indici geometrici e tali da soddisfare comunque le esigenze in materia di piani di intervento.

Franco Maggi

#### BIBLIOGRAFIA

- V. CONTRI, *Una importante caratteristica dei tracciati stradali*, Le Strade, febbraio 1937.
- R. ARIANO, *Circolazione e costruzioni stradali*, Görlich, Milano 1950.
- A. BENINI, *Contributo al calcolo della tortuosità stradale*, Atti del XII Congresso Nazionale Stradale, Torino 1958.
- B. JAFORTE, *Sulla valutazione della tortuosità delle strade*, Asfalti - Bitumi - Catrami, 1962.
- G.E. SCOTTO, *La tortuosità stradale*, Le strade, novembre 1964.

## Dal « giardino » allo « spazio libero »

GIORGIO RIGOTTI analizza e sintetizza il passaggio dal concetto architettonico-decorativo del « giardino » tradizionale sia esso privato e destinato a poche persone o sia pubblico per la cittadinanza, al concetto urbanistico moderno dello « spazio libero » inteso come uno dei tessuti connettivi importanti per rendere efficiente la coesione sociale di un gruppo di popolazione.

Quando si parla di giardini la mente e la fantasia corrono subito verso le grandiose evocazioni legendarie e storiche, o verso le magnifiche invenzioni letterarie di poeti e narratori: il Paradiso terrestre (« ... prese dunque il Signore Iddio l'uomo e lo pose nel giardino dell'eden... ») (1), il giardino di Alcino re dei Feaci nell'Odissea, il giardino di Armida nella Gerusalemme liberata, il parco-giardino della terza giornata del Decamerone... oppure, e per contrasto, ci piace soffermarci nel ricordo e nell'idea molto più ristretta, ma sempre molto più viva e cara, di un semplice balcone fiorito di gerani (ma come sono diversi i gerani di quel balcone!) o di un imponente fico profumato e ombroso nell'angolo più soleggiato di un cortile rustico (ma quale senso di intimo isolamento e di infinito in quel pur piccolo spazio!).

Però se si vuole riconoscere l'evoluzione del giardino nella storia si deve ricorrere a un'analisi indirizzata verso due aspetti fondamentali: quella riguardante più propriamente il fattore estetico-compositivo del complesso, e quello rivolto invece al fattore sociale dato principalmente dall'uso di quel complesso considerato come un'unità utile.

Due fattori operanti, come si nota, in direzioni diversissime fra loro, si potrebbe anche dire opposte, e che portano l'uno ad agire quasi esclusivamente nel campo architettonico, l'altro più propriamente nel campo urbanistico.

Ora, mentre nei tempi passati il primo (la composizione architettonico-decorativa) assurgeva in ogni caso alla massima importanza, nell'Ottocento prima, poi nel nostro secolo e specialmente in questi ultimi decenni il secondo (la composizione urbanistica) ha

(1) Bibbia, *Genesi*, 11-15.

preso un sempre più deciso sopravvento tanto da essere considerato oggi — sia pure interpretandolo in senso lato e nuovo — come uno degli elementi dominanti nell'organizzazione urbana e territoriale.

Di conseguenza, mentre prima il giardino era quasi sempre creato per poche persone, per una élite ben definita, una piccola minoranza che gelosamente ne custodiva i segreti circondandolo di muri e di fitte, alte siepi oltre i quali lo sguardo indiscreto del passante non poteva avventurarsi, oggi esso rappresenta il più delle volte un bene collettivo aperto a tutti, senza limitazioni di caste, senza incognite, senza rigidi, opachi ripari.

\*\*\*

Che cosa è infatti un giardino? quale è la sua definizione? pur sempre rimanendo nello schema tradizionale.

Un « terreno circondato da muro o da siepe, dove si coltivano piante per delizia » dice lo Zingarelli nel suo vocabolario, e conferma il Palazzi: « luogo, per lo più cinto di siepe o da muro, dove si coltivano fiori e piante ornamentali, per uso di ricreazione e di passeggio ».

E lo ritroviamo sempre studiato dai più grandi trattatisti che per lunghi secoli ne tracciano l'idea compositiva, l'evoluzione stilistica, le possibilità di realizzazione.

Il bolognese Pietro de' Crescenzi (1230-1321) fra la fine del 1200 e il principio del 1300, nell'ottavo dei dodici libri dedicati all'agricoltura studia i « giardini et le cose delectevoli darbori et herbe et ructo loro artificiosamente da fare » avvertendo che possono esservi anche « giardini d'erbe piccole » adatti a « mezane persone secondo la facultà o dignità » e « di tanta misura che basti a coloro che in esso dovranno dimo-

rare », ma sempre, dopo aver scelto il luogo « si cinga di mura alto quanto si conviene ».

Un secolo e mezzo più tardi Francesco Martini di Giorgio (1439-1502) nel suo Trattato di architettura riconosce che « i giardini principalmente si fanno per dilettazione di chi li fa edificare » e consiglia che « pure si debba il compositore ingegnare di ridurla [la loro forma] a qualche specie di figura perfetta, come circolare, quadra o triangolare », e più oltre « similmente in esso [giardino] si ricerca fonti, luoghi segreti secondo il desiderio di poeti o filosofi, deambulazioni ad uso di palestre coperte con verzura, e altre fantasie che più al signor suo piacesse ».

E in pieno Cinquecento il Palladio (1508-1580) nel secondo dei suoi Quattro libri dell'architettura, al capitolo XII, ricorda: « Come per questo gli antichi Savi sollevano spesso volte usare di ritirarsi in simili luoghi [i giardini, appunto], ove visitati da virtuosi amici, e parenti loro, havendo case, giardini, fontane e simili luoghi sollazzevoli, e soprattutto la loro virtù, potevano facilmente conseguire quella beata vita, che quasi si può ottenere... ».

Chiudeva poi il Milizia (1725-1798) verso la fine del Settecento quel meraviglioso, lungo periodo del giardino all'italiana e dopo alla francese, commentando nel terzo libro dei suoi Principi di architettura civile che il giardino « è un raffinamento di agricoltura destinato alla nostra delizia ».

Ma più oltre lamentava, forse in modo un po' troppo drastico — e direi anche eccessivamente sbrigativo e ingiusto — che essi « consistono in un terreno fra quattro mura... troppo ristretti, e più ristretti da tante spalliere ci sembrano una vera prigione »; e dopo aver lodato le soluzioni cinesi e il tipo all'inglese allora nuovo e che

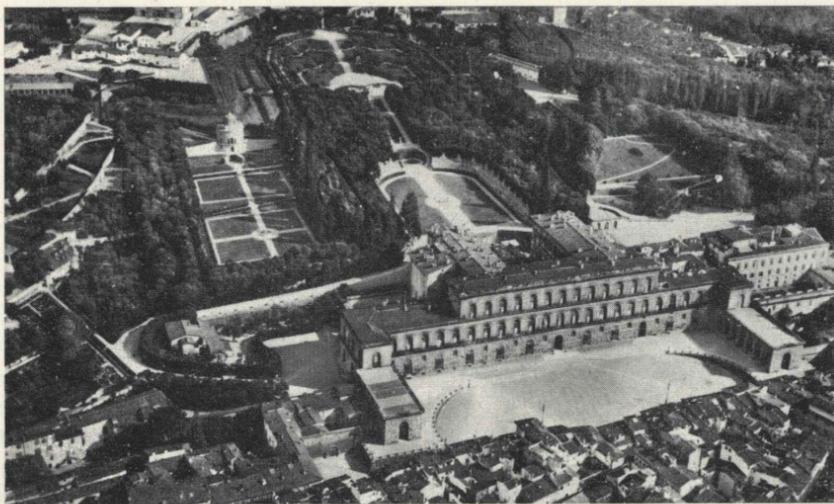


Fig. 1 - Firenze, veduta del giardino di Boboli.

si stava affermando, concludeva: « Un giardino non è che un giuoco, un trattenimento, una ricreazione. Sarebbe desiderabile che i divertimenti degli uomini avessero sempre un'aria facile da non far punto pensare alla debolezza umana, e che nell'ammirar quelle meraviglie non si avesse l'immaginazione affaticata dalle somme, e da' lavori, che hanno costato ». Un gioco, dunque, un luogo di delizia, di fantasia, ma nello stesso tempo un'affermazione di signorilità, di censo, di potenza, che richiede grandiosi lavori e ingenti spese; quanto lontano, per esempio, dall'antico, utilitario e piccolo « hortus » romano dove la madre di famiglia coltivava con pazienza e amore le verdure per la cucina e i fiori da offrire, legati in mazzi e in serti, con le fumigazioni ai Penati.

E in tutti è evidentissima la costante preoccupazione della composizione architettonica, della sequenza decorativa dominate volta a volta dal « costruito » e dalla « libertà naturale » pure essa però voluta, ricercata e dosata piegando rocce, acqua, alberi, fiori, prati, rilievi e depressioni al tema principale e prestabilito di cornice, di sfogo e di completamento al palazzo e alla villa, e di opulenza e grandiosità per la magnificenza del signore e padrone.

Nell'interno delle città, dove rappresentavano una pausa, un'interruzione alla compatta e conti-

nua sequenza delle costruzioni e dove la loro funzione si spingeva fino all'indispensabile isolamento dalle anonime — se non nemiche — fabbriche vicine a formare oasi di verde e di tranquillità quasi avulse dalla normale vita urbana.

Nella periferia cittadina, tesi alla ricerca di più ampi spazi e di luoghi ameni già dotati dalla natura (rive di fiume, pendici collinose) pur rimanendo nell'ambito della società urbana propriamente detta e formando quasi un magnifico tema di passaggio fra la città costretta e la campagna libera.

In aperta campagna, come luoghi di ritrovo e di temporaneo riposo, quasi sempre legati in pa-

rallelo alle residenze cittadine, natura nella natura, ma necessariamente differenziando per masse d'alberi, per impostazione geometrica, per verdi superfici di prati, per elementi costruiti, la voluta e artificiale realizzazione umana dalla divina libertà naturale.

Queste le tre principali suddivisioni, diremmo oggi, funzionali dei giardini nel loro periodo aureo della nostra storia e nell'espressione più nota, ancora oggi perfettamente individuabile nelle pur profondamente mutate condizioni della vita delle città moderne.

\*\*\*

Agli albori del nostro secolo il Riat concludeva lo studio analitico e critico dei giardini più famosi di tutti i tempi con questo patetico richiamo:

« Si le flâneur, amoureux de solitude et de silence, ennemi de tout ce qui rappelle la main de l'homme, ne trouve point encore, dans cette multitude de parcs et de jardins entière satisfaction de ses désirs, il lui reste une dernière ressource: le jardin de la nature... »

« L'imagination la plus brillante du meilleur architecte paysager produit des combinaisons de couleur et de formes bien pâles et fort mièvres en comparaison de celles que la Nature avec ses

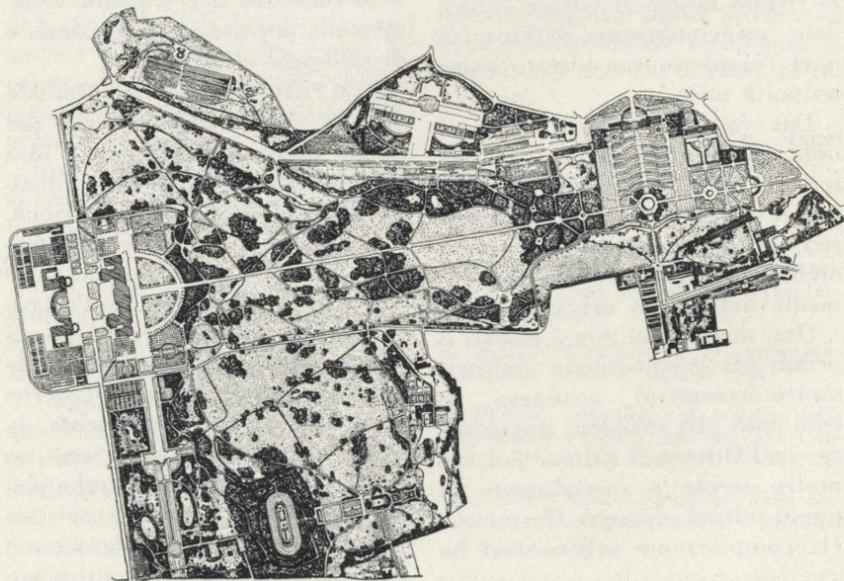


Fig. 2 - Sanssouci e Charlottenhof a Potsdam nel 1853.

agents, le soleil, l'atmosphère, le terrain, les arbres et les fleurs coordonne sans efforts, par un jeu libre et harmonieux de sa vitalité ».

Era forse uno dei primi, inconsci richiami al concetto moderno dello spazio libero, sia pure interpretato — e non poteva essere altrimenti — attraverso una logica sequenza sviluppantesi interamente nel campo della composizione architettonico-decorativa del tradizionale giardino, e forse il Riat non sapeva, o non immaginava neppure, che proprio su quella via non il romantico, isolato « flâneur » ma tutta una massa di uomini sovraccitati da una vita diventata troppo intensa e rumorosa avrebbe cercato solitudine, silenzio e distensione negli spazi verdi e nell'aperta, libera campagna.

Quando la città, durante gli inizi del processo di industrializzazione ha incominciato a rappresentare un potente richiamo per un numero sempre maggiore di abitanti e per un volume sempre più forte di attività umane, non era certo preparata al nuovo compito, non avendo in sé nulla, né come impianto né come attrezzature, che potesse soddisfare le esigenze delle nuove funzioni a cui era improvvisamente chiamata.

L'unica possibilità era allora data da vasti giardini interni o periferici, da ampi cortili, da terreni ancora ineditati: su questi si riversò la ricerca affannosa di nuovo spazio, intasando in breve, brevissimo tempo costruzioni le une vicino alle altre, in sequenza ininterrotta e in una dichiarata e aperta promiscuità di utilizzazioni.

E questo fenomeno dalla prima metà del secolo scorso in poi, si accentuò sempre più, prima in pochi esempi sporadici e isolati, dopo estendendosi a tutte le grandi città, a quelle di media importanza, e oggi anche a molti piccoli e piccolissimi complessi urbani.

Il giardino, il tappeto verde, lo spazio libero, gradatamente scomparvero dall'ambiente delle città, e ben poco si salvò per il merito



Fig. 3 - Lo sfrangiamento della città verso la campagna (Torino).

e gli sforzi — denunciati volta a volta come utopia o addirittura come misoneseismo — di alcune oculate persone: artisti, mecenati, pubblici amministratori.

Gli alberi vennero banditi dal territorio cittadino diventato palestra indiscussa, terreno di conquista, per costruzioni di ogni genere, strutture, lastricati, asfalto; furono abbattuti negli stessi cortili delle case dove un tempo, e fin nei più piccoli, cresceva una pianta di alto fusto, o un glicine o una vite, per far posto a basse e alte costruzioni, a spazi amorfi di servizio, ad aride pavimentazioni.

E non si pensa che se ancora oggi — invece di accanirci contro le residue alberature delle strade extraurbane — si lanciasse una crociata con il motto « un albero in ogni cortile », meglio se collegata a un razionale diradamento interno degli isolati, sarebbe ancora forse possibile raggiungere con poco — molto poco — un risultato decisamente positivo nella salubrità e nella bellezza dei nostri ambienti urbani.

Ma neppure le quadruplici alberature dei nostri viali, così caratteristiche nella loro sequenza compositiva (marciapiede, strada di servizio, doppia alberatura con passeggio pedonale, strada di movimento, doppia alberatura con passeggio pedonale, strada di servizio, marciapiede) neppure quelle

hanno resistito alla furia distruttrice, e per far posto — sempre più posto — a un traffico crescente e a necessità di sosta dei veicoli, sono state ridotte a due sole file di alberi o del tutto abbattute.

Se a questo aggiungiamo l'espansione della città a macchia d'olio senza limiti, in tutte le direzioni, e più o meno con la stessa compattezza dei primitivi vecchi centri, se non a volte con densità di fabbricazione nettamente superiori permessa dai nuovi sistemi strutturali, da troppo tenui e vaghe norme edilizie, e da controlli sovente non del tutto disinteressati; se aggiungiamo il conseguente allontanamento dell'aperta campagna, una volta raggiungibile a piedi in pochissimo tempo da qualsiasi punto della città (dieci, quindici minuti), oggi invece praticamente irraggiungibile se non con l'uso di mezzi veloci di trasporto e con la perdita di troppo tempo; se, in più, verso la periferia urbana, abbandonato decisamente quel magnifico e classico tema dei parchi posti a corona della città e a cui abbiamo già accennato in precedenza, si ottiene uno sfrangiamento informe e antieconomico di costruzioni sempre più rade e disordinate, o peggio una antisociale successione di « bidonvilles »; se raggruppiamo tutto ciò, abbiamo il desolante quadro della situazione delle no-

stre città nella prima metà del secolo XX e purtroppo in molti, moltissimi casi della situazione di oggi.

\*\*\*

A occidente di Atene, Cimone, figlio di Milziade, al di là del Dipylon (la porta che conduceva alla piana di Eleusi) verso la metà del V secolo a. C. incominciava

doveva essere meravigliosa in quei tempi.

L'accostamento prima abbozzato fra il giardino e la scuola non è certo casuale, in quanto in ogni momento della nostra vita e della nostra storia troviamo sempre il giardino come elemento educativo principe, indispensabile là dove si voglia elevare lo spirito verso puri ideali, dove si voglia ritemperare

le attività e le reciproce relazioni di scambio personali e collettive.

La strada, infatti, specialmente nelle nostre civiltà assumeva — ma potremmo benissimo usare il presente ancora in moltissimi, infiniti casi — una funzione importantissima, diremmo fondamentale, per la coesione sociale di un gruppo di popolazione serrato in un ambiente urbano.

La strada — come il cortile, il giardino, l'orto — era una forma dell'espansione spontanea della casa, dell'attività di lavoro, verso l'esterno, e rappresentava il caratteristico luogo di contatto fra la ristretta cerchia familiare e la più ampia collettività sociale, luogo di contatto che poi per le forme più complesse ed evolute si polarizzava negli slarghi e nelle piazze, parte integrante del reticolo viario.

Era quindi naturale che i bambini giocassero nelle strade, come era naturale vedere sulla soglia dell'abitazione la donna lavorare al tamburo del tombolo o il vecchio conversare con il vicino; molto sovente, anzi, lungo la facciata della casa si appoggiava una pianta di vite, di glicine, e ai lati dell'ingresso erano messi panche e sedili (a volte architettonicamente importantissimi come nel basamento di Palazzo Strozzi a Firenze) quasi a indicare con fatti positivi quella continuità ideale di ambiente.

E la coesione sociale attraverso la strada era tanto forte da resistere a prove veramente drammatiche: i drastici tagli dei boulevards parigini fatti da Haussmann nel vivo corpo della città senza preoccupazione alcuna per quanto esisteva prima, ma con l'unico scopo della sua immediata utilità di prefetto di polizia, quei drastici tagli che sembrarono a un certo momento spezzare l'unità dei vari « arrondissements » sezionati brutalmente in due parti staccate, sono stati curati, cicatrizzati e riassorbiti dalla vitalità sociale della popolazione.

Poco per volta, infatti, ricostruite le cortine di fabbricati sui bordi dei nuovi vialoni, sia pure

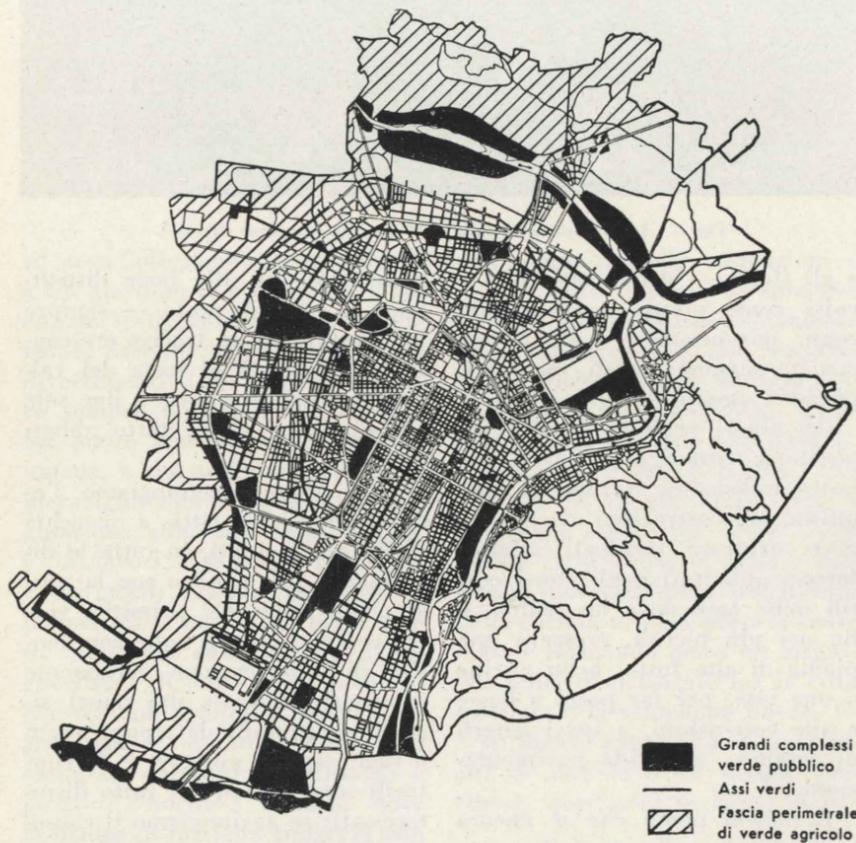


Fig. 4 - Piano del verde (Piano regolatore generale di Torino, 1956).

le piantagioni e la sistemazione del vastissimo parco pubblico dell'Accademia, che ebbe contiguo presso il suo estremo il giardino in cui Platone insegnò e dove ebbe sede la scuola degli accademici; i peripatetici di Aristotele invece si radunavano in un altro giardino, il Liceo, posto a oriente della città fuori della porta di Diocare; e Antistene, il fondatore della filosofia cinica, insegnava nel giardino di Cinosarge posto a sud della città.

E la sequenza dei giardini pubblici e privati che quasi ininterrottamente cingeva Atene per tutto l'arco dall'est, al sud, all'ovest,

il corpo dalle fatiche del lavoro giornaliero, e dove si voglia dare ai giovanissimi un luogo sicuro per i primi passi e per i giochi, e ai vecchi un sito tranquillo per il riposo e la meditazione; tutto ciò, naturalmente, sia che si consideri volta a volta il singolo, l'élite, la massa.

Un tempo per questi scopi ci era di valido aiuto anche la strada — la tanto bistrattata strada! — che, non intasata di flussi veicolari continui e veloci, e senza elementi anomali in movimento, rappresentava una delle molte possibilità per offrire ai cittadini uno spazio libero da utilizzare per

una pausa più o meno lunga alla compatta sequenza edilizia, e per dare la possibilità ai cittadini di reperire a una ragionevole distanza dalle abitazioni un posto in cui l'elemento verde naturale avesse un deciso sopravvento, la città riporta nell'interno dei suoi limiti gran parte di ciò che fino allora la grande massa delle persone usa-

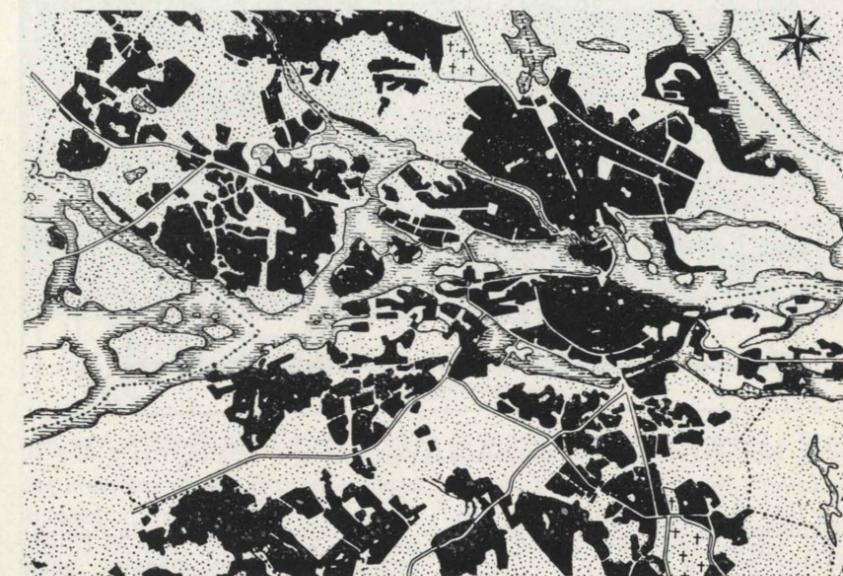


Fig. 5 - Gli ampliamenti di Stoccolma realizzati fin dal principio del nostro secolo con elementi staccati e intervallati da spazi verdi liberi.

con massa più imponente e con più auliche caratteristiche architettoniche, attorno queste filarono gli infiniti canaletti degli scambi minuti apportatori di linfa, e che finirono col riallacciare al di qua e al di là del taglio le due parti del vecchio arrondissement ricostituendone l'integrità: la coesione sociale aveva allora vinto l'intervento urbanistico.

E i boulevards divennero ancora lo spazio libero, proprio come le vecchie strade, giardini lineari adatti allo sviluppo della vita collettiva, luogo impareggiabile di ritrovo, di raduno, di riposo, tanto da dare alla capitale la caratteristica, romantica denominazione di « ville boulevardière », di città che vive all'aperto sui controviai alberati, ampi e adattati a salotto, a galleria di passeggio per tutti.

Tutte funzioni queste, oggi nettamente incompatibili con quella della strada moderna creata in servizio quasi esclusivo alla circolazione veicolare motorizzata, e perciò nella maggior parte dei casi privata completamente della caratteristica di spazio libero, di luogo adatto ai contatti sociali.

E quello che non fece Haussmann l'ottenne invece qualche decennio più tardi il cosiddetto « traffico », cioè il flusso compatto, continuo, veloce dei veicoli a motore, che riuscì a interrompere violentemente, come un fiume in piena, quelle piccole, tenui, minute ma innumerevoli correnti di vita, togliendo alla coesione sociale un importante spazio vitale, e obbligando gli urbanisti a cercarlo altrove pena il decadimento di uno dei principali scopi della città di tutti i tempi: quello di creare per l'uomo, animale eminentemente comunitario, un ambiente adatto allo sviluppo di una collettività.

\*\*\*

Con l'affermarsi del giardino pubblico, luogo diventato indispensabile nella compagine urbana per evitare un intasamento eccessivo di costruzioni, per porre

va cercare fuori della cerchia murata, negli immediati dintorni (colline, sponde di fiumi, luoghi boscosi, ecc.) dove la natura libera dominava incontrastata.

Con il giardino pubblico, infine, si riuscì anche a salvare una parte di quel meraviglioso patrimonio privato che ci proveniva dal passato e che sarebbe stato certamente, poco per volta, tutto sacrificato alla sempre più pressante richiesta di aree fabbricabili e di case dalla incauta — e a volte prepotente e delittuosa — speculazione.

E noi a Torino abbiamo assistito con amarezza alla lunga agonia di una grande parte di quei giardini privati che ancora sul finire del secolo scorso circondavano la città e che avrebbero potuto formare un patrimonio collettivo di inestimabile valore: il parco della villa Rignon sulla direttrice di

corso Galileo Ferraris (ora ridotto a poche centinaia di metri quadrati), il parco della villa degli Amoretti sulla direttrice di corso Orbassano e pure esso molto ridotto in superficie, il parco della Tesoriera a lato del corso Francia e ancora oggi non del tutto salvo, il giardino del Sanctus oggetto di contrattazioni non certo elevate,

nel cuore stesso della città il distrutto giardino a lato di Palazzo Lascaris, e altri, tanti altri, troppi!

E, sempre a Torino, proprio recentemente in breve, brevissimo volgere di anni abbiamo osservato ancora un'altra caratteristica — naturalmente in senso negativo — sequenza, data dal terreno originario in parte ancora agricolo, in parte a giardino e parco di grandi proprietà, lottizzato prima per la formazione di villette in cui l'elemento verde era però ancora dominante, poi presto demolite e sostituite da alte case collettive con la completa scomparsa degli alberi; e come esempio tipico citiamo la tenuta di villa S. Agostino e adiacenze, a nord di piazza S. Rita, in cui l'ultima trasformazione d'uso avvenne pendente il piano regolatore che, accettando come male minore l'im-

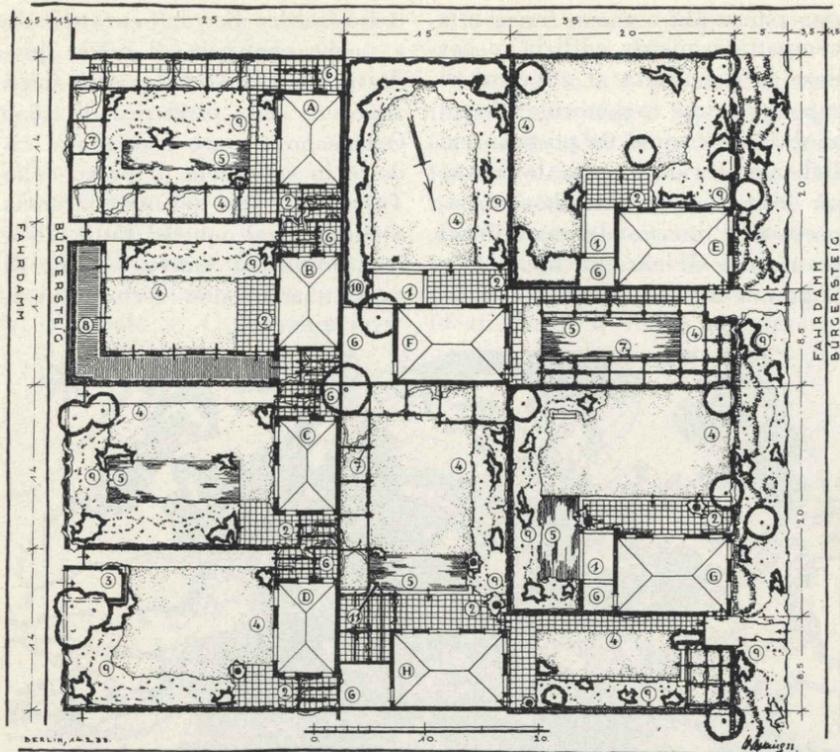


Fig. 6 - Lottizzazione (Berlino, 1933) di un isolato a ville e piccoli giardinetti (ogni lotto misura in media m<sup>2</sup> 420).

postazione in atto, ne aveva vincolato l'area a ville.

Inseriti, dunque, nell'organizzazione urbanistica delle città come elementi di primaria importanza, i giardini pubblici videro ancora dominare come preminente il fattore compositivo architettonico-decorativo a cui era affidato il compito principale di dare un tono di aulicità, di bellezza, di signorilità all'ambiente cittadino, e come tale cercava il suo posto — a parità di altri elementi o di convenienze locali in atto — nei luoghi dove poteva essere più facilmente visto e dove poteva esplicare meglio la sua funzione di decoro.

Nata la ferrovia, per esempio, vediamo nascere la stazione ferroviaria che invece di essere come avrebbe dovuto e potuto un semplice fabbricato utilitario e funzionale per il cambio di veicolo e il movimento delle merci e dei passeggeri, divenne architettonicamente importante in quanto essa rappresentava la nuova porta della città aperta verso il mondo esterno.

Strettamente legato alla stazione ferroviaria, nella maggior parte dei casi, è un giardino pubblico — a volte l'unico della città — posto là principalmente per offrire al viaggiatore, insieme al benvenuto, la prima impressione di grandiosità, di accoglienza, di ordine caratterizzata da un'accurata composizione e costruzione del verde in molteplici file di alberi allineati, in sapienti accostamenti di essenze, in dosate sequenze di prati, aiuole, masse di piante e laghetti.

Poco importa se il giardino spostato, com'è di solito, verso un angolo periferico del complesso urbano non potrà servire gran che al riposo e allo svago della popolazione, questa è a quei tempi una funzione ancora di carattere secondario.

Man mano la città si espande però lo scopo altamente sociale del giardino si sviluppa e diventa preminente, sì che presto vediamo sorgere le teorie urbanistiche che suddividono accuratamente il verde pubblico fra i vari quartieri, molte volte volutamente isolati

dalle principali correnti circolatorie, in posizioni poco visibili al passante frettoloso a bordo di mezzi di trasporto pubblici e privati, ma a contatto diretto e immediato con gli utenti, al numero e al tipo dei quali si arriva anche a proporzionarne la superficie.

Il giardino diventa allora un elemento più utilitario, più agile, abbandonate in massima parte le preoccupazioni della ricerca compositiva puramente estetica, per far luogo a una spiccata funzionalità derivante esclusivamente dall'uso a cui esso è destinato, suddividendo nel suo interno — o addirittura in tanti nuclei separati e specializzati — gli spazi per il giuoco e quelli per il riposo, il posto di ritrovo e l'angolo tranquillo per l'isolamento distensivo.

Ed ecco comparire fra le tavole di progetto dei piani regolatori anche il cosiddetto « piano del verde » in cui sono posti in particolare evidenza gli spazi dei giardini pubblici rionali, dei campi di giuochi, dei parchi urbani e periferici, in sequenza continua e con ritmi preordinati, il tutto collegato da viali alberati, da circuiti verdi (giardini lineari) a formare una rete che si estende sulla città tutta e fraziona la compattezza delle costruzioni.

Frazionamento che procede di pari passo con le altre teorie dell'urbanistica moderna tendenti a spezzare il troppo uniforme e promiscuo complesso cittadino in elementi più semplici aventi ciascuno una sua funzione specifica ben definita e proporzionata, e formanti non un mostruoso unico corpo ammalato di elefantiasi, ma un sistema bilanciato ed equilibrato di unità vitali: azzonamento, federazione di cellule con o senza gerarchia, unità satelliti in sistemi solari, sono alcune denominazioni adottate volta a volta dalle varie correnti di studio, e che già di per se stesse indicano chiaramente la strada seguita e lo scopo finale da raggiungere.

\*\*\*

Ritornando ancora un momento al libro del Milizia, vi leggiamo che, sempre nei giardini: « ... più importante è ancora moltiplicarvi le abitazioni di ogni specie. Invece di un gran palazzo, o di un gran casamento, perchè non costruire alla Camaldolese, ma in grande, in qua e in là, agli estremi e ne' mezzi vari palazzini, varie casette, e tugurj, e capanne ancora di un'apparenza rustica, ma di interna comodità, per le varie sorti di persone che vi soggiornano e che vi posson capitare? Le visite che si fanno a vicenda la mattina, son tanti spassetti, che vanno al cuore. Ciascuno si crede proprietario del suo dipartimento, sta solo, e conversa, quando gli piace. Questo è il più pittoresco e il più variato. La delizia sarebbe allora compita ».

È molto dubbio, forse impossibile, e non sarei certo io ad affermare diversamente, che il Milizia volesse accennare a un'altra forma moderna di giardino: il cosiddetto « verde consortile », però, rilette quelle frasi con spirito attuale l'accostamento potrebbe essere anche giustificato.

C'è stato un periodo in cui nelle nuove aree residenziali — fossero esse semplici lottizzazioni di terreni non troppo ampi, o formassero un'entità completa e semiautonoma — la previsione di casette unifamiliari era strettamente legata ai giardini privati, di solito di modeste dimensioni essendo destinati a popolazione appartenente ai ceti medi o a quelli ancora più bassi.

Nei paesi anglosassoni, dove era più accentuata la preferenza a un tale genere di case — espressione tipica della « propriety » e della « privacy » — gli esempi sono numerosissimi e noti, e sulla loro traccia nacquero le prime città-giardino organizzate; caratteristiche, infatti, sono fin dai primi anni del nostro secolo le lunghissime sequenze di casette tutte più o meno uguali, circondate da giardinetti anch'essi più o meno ugua-



Fig. 7 - Serie di casette uguali a Brooklyn (U.S.A.).

li, e si arrivò anche a prescrivere per ciascuna strada il piantamento in ogni giardino di un albero tipico o di una determinata pianta da fiore, in modo da dare un carattere uniforme e distintivo a tutta la strada e ampliare, sia pure soltanto sotto un punto di vista puramente formale e illusivo, la massa del verde, del terreno libero, in confronto di quella delle costruzioni.

Più tardi, e specialmente negli anni a cavallo fra le due guerre mondiali, quando l'inurbamento di masse operaie provenienti dalla campagna incominciò a diventare patologico e i periodi di crisi — a volte solo limitate a qualche settore e temporanee — si susseguirono con una certa frequenza, in molte nazioni continentali europee, e fra le prime la Germania con le innumerevoli e caratteristiche « Siedlungen », adottarono la nuova formula della casa unifamiliare con orto raggruppata in complessi organizzati, sovvenzionati, e muniti dei servizi collettivi indispensabili.

Ancora domina sullo spazio costruito lo spazio libero, ma questo, non più giardino ma orto, entra decisamente nell'organizza-

zione economico-sociale del complesso permettendo agli operai di ricavare dalla terra parte del nutrimento a loro necessario, alleviando i gravi inconvenienti dei periodi di crisi, e — almeno secondo le teorie dell'epoca — dando alla famiglia operaia un mezzo di elevazione sociale in quanto il richiamo dell'orto avrebbe dovuto togliere le persone dall'influenza deleteria della strada e della bettola.

E ricordiamo i vari interessanti studi fatti in tutte le nazioni sul proporzionamento dell'orto, in base alla fertilità della terra, al modo di coltivazione, alle necessità alimentari della famiglia-tipo, alle ore di lavoro che in media nell'anno potevano essere destinate alla cura dell'orto senza sovraccaricare troppo l'operaio già affaticato dal ritmo febbrile della lavorazione a catena.

Ma per quanto riguarda la prima categoria più sopra citata, la tendenza a diminuire la superficie del giardino privato per ridurre le spese e il lavoro necessario alla sua coltivazione, l'aumentato costo dei terreni urbani, e infine la pratica impossibilità di imporre ai singoli proprietari un'ade-

guata manutenzione e un appropriato decoro delle aree a verde, hanno fatto sì che la lottizzazione delle zone allo scopo destinate assumesse poco per volta caratteri decisamente negativi riducendo a

vennero a poco a poco affermando nuove teorie che tendono a escludere dalla vita giornaliera dell'operaio il lavoro supplementare della coltivazione come elemento obbligatorio, e nacquero di con-

il conseguente eccessivo allentamento dei vincoli sociali, delle reciproche relazioni, dello stimolo alla vita collettiva.

Per ovviare agli inconvenienti accennati e per mantenere una certa proporzione fra superficie scoperta e superficie coperta da fabbricati, occorre avere a disposizione nell'isolato o nelle sue immediate vicinanze una superficie di appropriata ampiezza, attrezzata per le attività all'aria aperta dei bambini, degli adulti, dei vecchi.

In qualche tipo perciò si incominciò a suddividere l'area libera in due parti: una, la più piccola, strettamente privata e direttamente annessa alla casa unifamiliare che in serie continua si sviluppava lungo il perimetro dell'isolato, l'altra più grande a carattere consortile (cioè in proprietà comune e con spese d'impianto e di manutenzione suddivise fra i singoli proprietari delle residenze) di solito sistemata nell'interno dell'isolato e attrezzata per scopi collettivi.

Sono caratteristici gli esempi di Sunnyside e di Long Island, presso New York, dove verde privato e verde consortile posti contigui l'uno all'altro si completano vicendevolmente.

Da allora il giardino consortile di isolato o per gruppi di fabbricati con attrezzature collettive si è imposto all'attenzione degli urbanisti e divenne, non tanto come giardino vero e proprio quanto come area verde libera, un elemento fondamentale nei quartieri e nelle cellule residenziali, siano esse concepite a casette unifami-

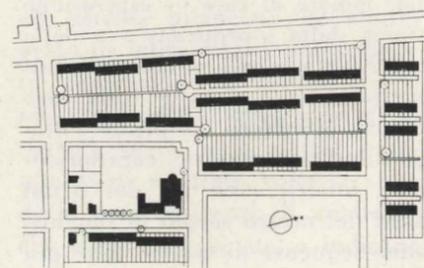


Fig. 9 - Planimetria della Siedlung Marienfelde (1933).

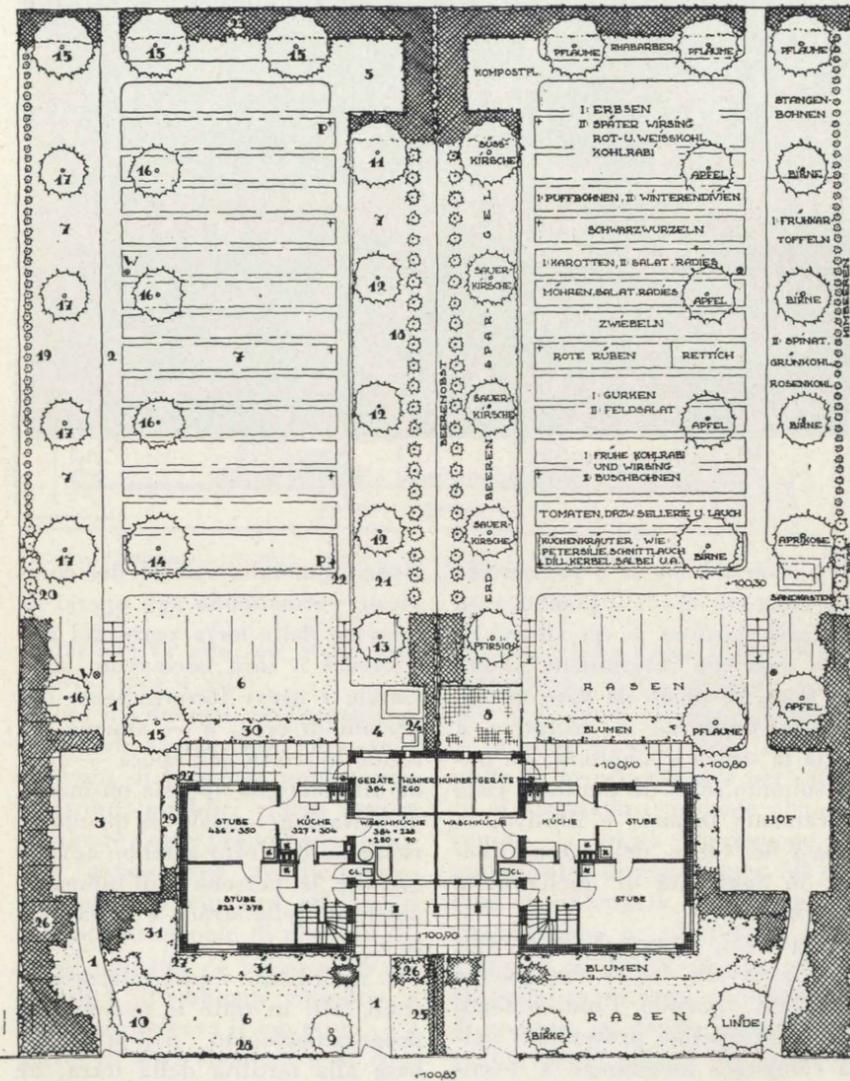


Fig. 8 - Studio di case unifamiliari con orto per una Siedlung tedesca (1939).

minimi assurdi l'area libera, addensando eccessivamente in superficie le costruzioni che non potevano svilupparsi in altezza e arrivando a una promiscuità a volte peggiore di quella che poteva aversi nei grandi caseggiati multipiani ad alloggi, con risultati dal punto di vista sociale nettamente negativi e opposti a quanto aveva determinato le prime idee organizzative.

D'altra parte, per la seconda categoria quella delle case-orto, si

seguenza tutte le ricerche riguardanti l'utilizzazione del tempo libero, specialmente per le masse, in attività sociali, culturali, di svago e di riposo, così che anche l'orto annesso alla casa unifamiliare divenne una parte secondaria e decisamente accessoria, se non del tutto inutile.

In tutti e due i casi poi si favoriva l'isolamento del singolo nell'ambito della sua proprietà recinta, estranea e a volte anche nemica nei confronti del vicino, e

liari o a case a blocco multipiane e con parecchi alloggi.

\*\*\*

Attraverso quanto abbiamo finora considerato si configura agevolmente l'aspetto di quello che noi urbanisti oggi chiamiamo genericamente « spazio libero » come una diretta derivazione dal tradizionale giardino e risultante dalla somma del verde pubblico, del verde consortile, del verde privato, del verde annesso agli impianti di utilità pubblica e collettiva, e in definitiva diventato uno degli elementi dominanti la moderna organizzazione urbanistica.

Ma per assolvere un compito di tale importanza lo spazio libero deve essere accuratamente suddiviso in piccole, medie e grandi unità a seconda dello scopo a cui esso è destinato, deve essere proporzionato al numero e al tipo di persone che ne faranno uso, attrezzato per gli scopi e le funzioni sociali che a esso sono affidate, e deve, infine, avere nella città un posto ben definito in sede tecnica e compositiva in relazione agli altri elementi costitutivi dell'ambiente urbano.

Assistiamo perciò nell'arco di questi ultimi decenni all'evoluzione della minima unità del territorio cittadino prima formata dall'isolato urbano, poi diventato superisolato, poi quartiere, cellula o suddivisione di cellula; evoluzione dettata in principal modo dal fatto di poter avere a disposizione una superficie di terreno sufficientemente grande da permettere di risolvere i problemi derivanti non tanto dalle immediate e personali necessità del singolo, quanto dai bisogni collettivi e sociali di un determinato gruppo di popolazione.

Tutti conosciamo i difetti fondamentali dei normali isolati in cui era suddivisa la città dal tradizionale reticolo stradale non differenziato; appezzamenti di terreno più o meno regolari e uniformi a volte estendendosi con monotonia ossessionante su immense superfici, e dentro i quali con una

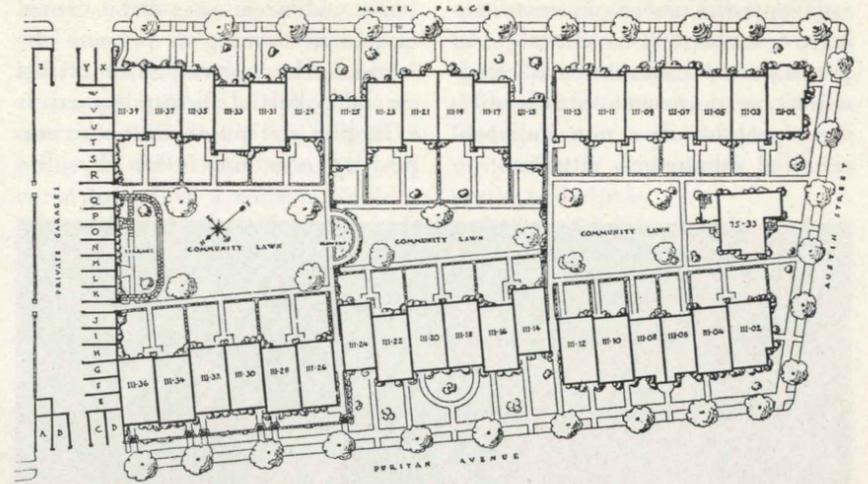


Fig. 10 - Verde privato e verde consortile (community lawn) a Long Island (N. Y.).

minuta ulteriore suddivisione i singoli privati ottenevano i cosiddetti lotti fabbricabili, in cui ognuno era libero di costruire e di installare le attività come più gli era conveniente rispettando solamente generiche norme di codice civile o di regolamento edilizio.

Lo spazio libero in questi casi si riduceva di solito a ben poca cosa, sia in quanto singola entità in ogni lotto (cortile), sia in quanto complessivo elemento dell'isolato, frammentato come era in tanti piccoli pezzetti che molto difficilmente avrebbero potuto essere ricuciti fra loro e sarebbero

riusciti a completarsi l'un l'altro in unità di una certa efficienza.

Alcuni urbanisti perciò (e fra i primi e più importanti esempi citiamo il Mercatorplein ad Amsterdam, del Berlage nel 1920-30) cercarono di raggruppare l'isolato tradizionale in un'unica unità retta da regole uniformi, in cui la parte costruita segue predisposte norme costanti in modo da raggruppare la parte libera — diventata consortile — in un complesso tanto vasto da poter essere adibito a scopi di utilità collettiva; e sotto questo punto di vista, essendo l'isolato normale molte volte troppo ristretto, si cercò di



Fig. 11 - Veduta del Mercatorplein ad Amsterdam (F. Berlage, 1920-30).

raggrupparne anche un certo numero a formare il cosiddetto « superisolato », naturalmente eliminando, se necessario, strade divisorie preesistenti e non indispensabili al movimento cittadino.

tanto all'area a disposizione, quanto al numero di persone che formano il gruppo degli utenti dei servizi collettivi da predisporre.

In più, dal punto di vista compositivo esso non forma di solito

coordinate fra loro, nelle quali avrebbe dovuto esistere per alcune funzioni una certa autonomia, pur essendo per altre funzioni ordinate secondo una chiara gerarchia di valori e di interdipendenze reciproche.

Nacque così la « cellula » urbana accennata vagamente per la prima volta nel New York Regional Plan (1921-29) e ripresa poi e studiata più a fondo da C. A. Perry una decina di anni più tardi durante gli studi per risolvere la piaga comune delle città americane e formata dalle « blighted areas » con quelle che egli allora definiva « Neighborhood units ».

L'idea del Perry può essere schematizzata così: raggruppare intorno a un determinato nucleo di servizi collettivi un gruppo di popolazione tanto vasto da poter richiedere l'installazione di quei servizi e da saturare gli impianti a questi connessi; ma nel campo specifico dello studio attuale potremmo ancora aggiungere: e da occupare con appropriata densità una superficie di terreno tanto ampia da potervi ricavare tutto lo spazio libero, attrezzato o no, oggi necessario alla vita del singolo individuo e della collettività.

E l'aggiunta che abbiamo fatto non è certo di secondaria importanza perchè oggi troviamo come tutti, o quasi, gli studi e i piani regolatori di quartieri, di cellule

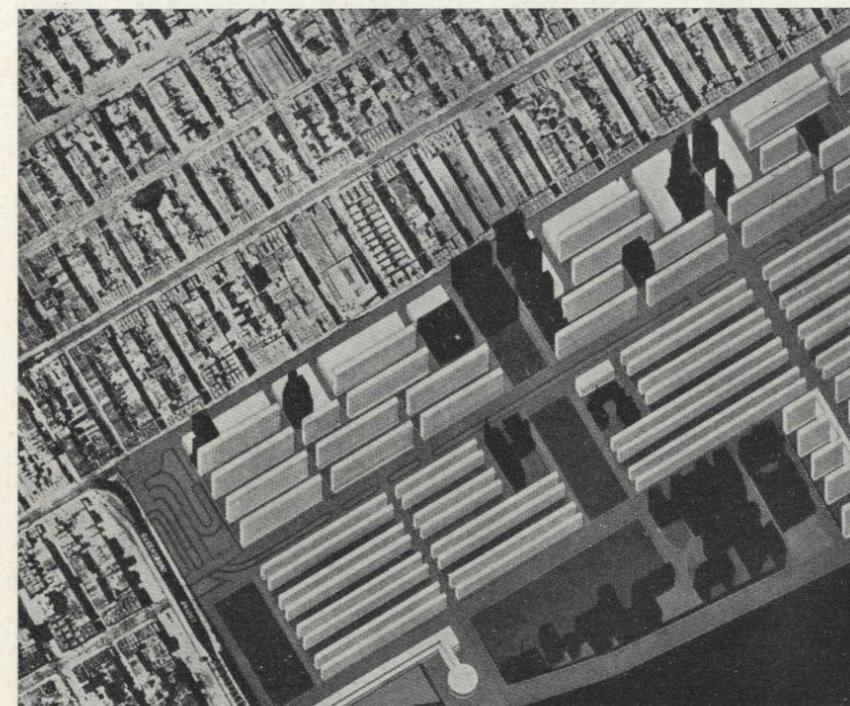


Fig. 12 - Isolati e superisolati (progetto per un quartiere a Manhattan, N. Y., Broun e Muschenheim, 1934).

Le soluzioni adottate — e in questo senso orientate — sono ormai in grandissimo numero e vanno dalla costruzione continua perimetrale con spazio libero interno — la già citata soluzione tipica del Berlage — che però mantiene sempre in maggiore o in minore misura qualche carattere negativo del vecchio cortile di servizio, alle più moderne realizzazioni in cui lo spazio libero e le costruzioni sono articolati in elementi aperti che si completano l'un l'altro a formare successivi nuclei proporzionati agli scopi (passeggio, impianti collettivi, giuochi di bimbi, aree di servizio, ecc.) e con accurata e predisposta composizione volumetrica delle masse e degli ambienti.

Ma anche la superficie del superisolato, sotto determinati aspetti, il più delle volte risulta ancora troppo piccola in relazione

un'unità a sè stante, completa e individuabile nella tessitura urbana, ma è semplicemente uno dei tanti elementi costitutivi della città, senza un carattere ben definito, senza un giustificato limite organizzativo, senza una specifica funzione sociale nel quadro dell'ordinamento urbanistico generale.

In fondo perciò, una città formata esclusivamente da superisolati potrebbe accusare a un certo momento più o meno gli stessi squilibri e le stesse carenze — sia pure molto attenuati e in misura meno pericolosa — della città tradizionale agglomerato di isolati normali.

Di conseguenza ci si avvide che le città, e specialmente i più grandi complessi, avrebbero dovuto essere formate sotto un punto di vista organizzativo da unità elementari ben proporzionate e ben

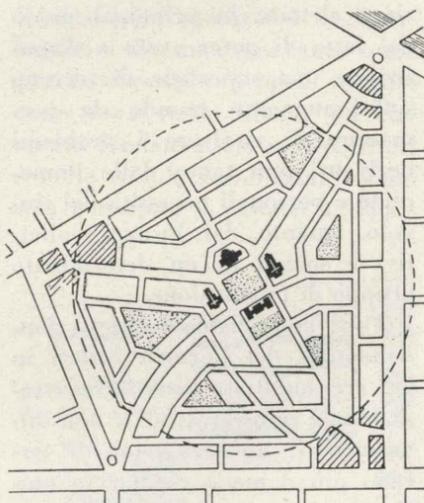


Fig. 13 - La Neighborhoods Unit (C. A. Perry). Aree verdi a puntini; negozi a tratteggio; servizi collettivi in nero. Il cerchio ha un raggio di m. 400.

— e non solo di quelle residenziali —, di città, siano impostati sulla soluzione programmatica del fattore dato dallo spazio libero che, come una trama fondamentale, si estende a formare il motivo di sfondo, il tessuto connettivo dell'intera concezione compositiva.

Lo spazio libero perciò è un'affermazione di carattere sociale, diremmo anzi di carattere politico purchè l'aggettivo non venga frainteso e non perda il suo alto significato, è quello che condiziona i criteri distributivi delle masse costruite, è quello che crea il nuovo ambiente urbano, la nuova « forma urbis » della città moderna, è quello che, infine, contribuisce potentemente a mantenere la coesione sociale fra i vari abitanti del piccolo elementare nucleo dato dal gruppo di case; del più vasto intorno della cellula; e dello stesso grande, vario e molto più complesso raggruppamento della città tutta,

Attraverso una lunghissima serie di esempi in cui lo spazio libero è volta a volta sviluppato, modellato, piegato per raggiungere determinati scopi sempre di carattere collettivo e sociale, la casistica oggi si presenta quanto mai varia e numerosa, e non è certo questa la sede adatta a proporre anche una pur semplice analisi o classificazione. Ci basti citare qualche esempio caratteristico.

Il quartiere-tipo russo del 1935, prevede per lo spazio libero la formazione di grandi ambienti rettangolari limitati su ogni lato da cortine continue di fabbricati residenziali, comunicanti fra loro attraverso passaggi ristretti, e destinati in parte a impianti di utilità collettiva sempre immersi nel verde. È una soluzione che potremmo dire di passaggio fra il superisolato e la cellula urbana.

Il nucleo residenziale di « Groena gatan » a Uppsala in Svezia (1957) è imperniato appunto come dice il suo nome su una « strada verde » compresa fra due cortine di fabbricati variamente angolati a formare successivi am-

bienti direttamente comunicanti fra loro in sequenza continua: questa « via » articolata ed esclusivamente pedonale dovrebbe accentrare tutte le attività collettive e sociali della comunità, proprio come succedeva a volte, e l'abbiamo già ricordato, nelle vostre vecchie e tradizionali strade, ma, na-

turalmente con ben altro spirito. Completano la sistemazione altri spazi liberi esterni accuratamente schermati attraverso passaggi defilati per non togliere il senso di unitarietà e di intimità alla via verde principale.

Sempre in Svezia, a Stoccolma, nel quartiere di Gröndal (1946),

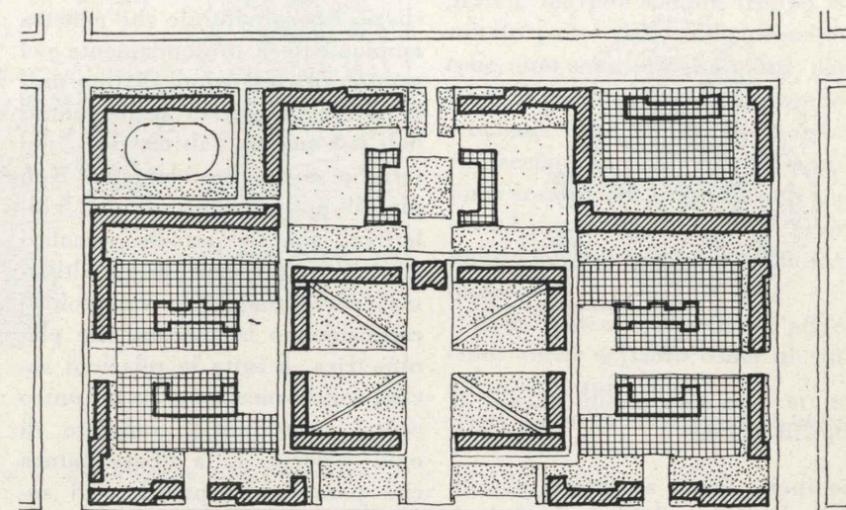


Fig. 14 - U.R.S.S. Quartiere-tipo di abitazione a Mosca (1935).

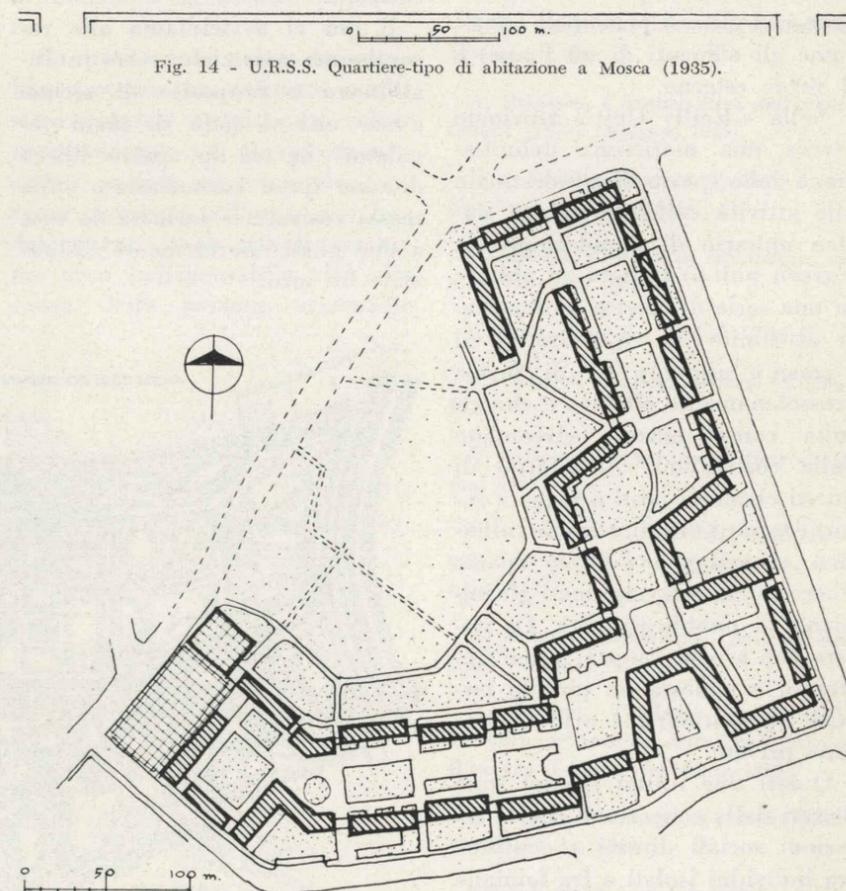


Fig. 15. Uppsala (Svezia). Quartiere residenziale Groena Gatan (S. Aucher, B. Gate, S. Lindgren, 1952).

capostipite diremmo di una serie di più o meno analoghe sistemazioni in altri paesi — e non tutte certo giustificabili — lo spazio libero esterno è portato a penetrare profondamente nella parte costruita, e frazionato come è in tanti piccoli elementi in massima parte circondati da case a esago-

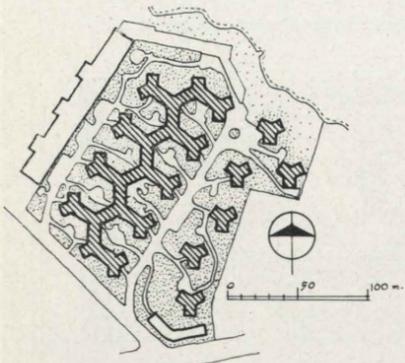


Fig. 16 - Stoccolma (Svezia). Quartiere di Gröndal (S. Backstrom, D. L. Reinius, 1946).

no aperto forma altrettanti piccoli poli di vita collettiva che attraverso le ampie aperture comunicano con gli assi principali (quasi come gli affluenti di un fiume) e il verde esterno.

Nella « Reilly Unit » troviamo invece una nettissima delimitazione dello spazio libero destinato alle attività collettive di un nucleo unitario di popolazione (la « green unit ») portata ad abitare in una serie di casette unifamiliari al limite di un prato — il « green » appunto — di forma grossolanamente ellittica e che risulta completamente circondato dalle costruzioni. All'esterno di questi elementi posti a raggera intorno a un polo di attività collettiva, si sviluppa l'ampio spazio libero in cui sono sistemati gli impianti di pubblica utilità. Da notare che a ogni casetta, verso l'esterno, è annesso un piccolo terreno da destinarsi a orto o giardino privato.

Questi due ultimi esempi sono dettati dalla concezione che le relazioni sociali dirette e continue fra individui isolati e fra famiglie avvengano in modo più facile e completo se il gruppo di popola-

zione è molto limitato e a ogni modo sempre nettamente inferiore ai mille abitanti; e questo conferma come una determinata impostazione di carattere politico-sociale possa influenzare una soluzione urbanistica.

Per contro, a S. Pedro in California, nel quartiere residenziale di Channell Heights, troviamo lo spazio libero naturale che penetra ampiamente e profondamente nel gruppo di costruzioni di tipo unifamiliare, in questo anche aiutati dall'andamento altimetrico del terreno molto accidentato. Non piccoli poli separati di vita collettiva, ma le strade veicolari (siamo in presenza di un'altissima percentuale di automobili) condizionano la sistemazione planimetrica, e tutte le relazioni sociali sono concentrate in un unico centro comunitario completo di ogni servizio. È la libera natura che pare debba prendere il sopravvento su quanto l'uomo ha costruito.

E qui ci avviciniamo alle recentissime polemiche sorte in Inghilterra a proposito di alcune « new cities » nate su piani regolatori in cui lo spazio libero domina quasi incontrastato sulla massa costruita e formata da case a due piani enormemente distanziate fra loro.

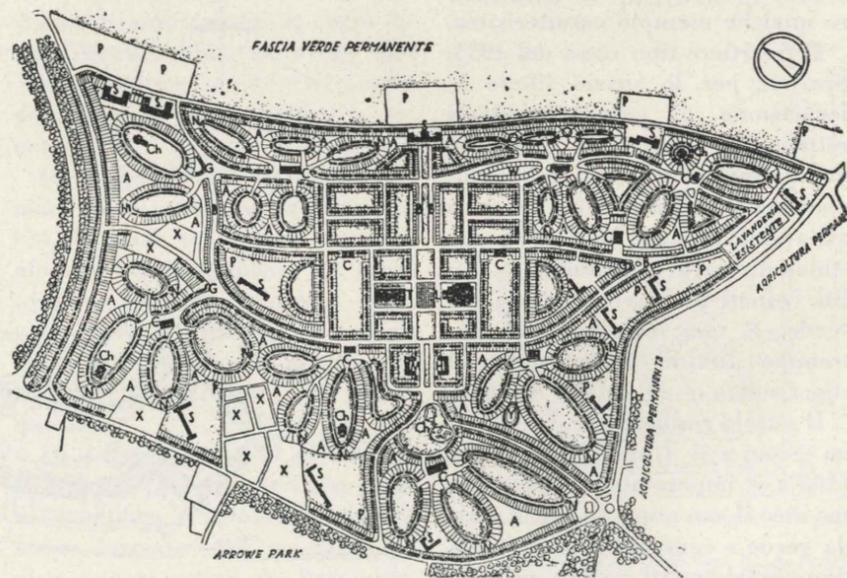


Fig. 17 - La « Reilly unit » (L. Wolfe, 1944).

« ... I loro abitanti, invece di sentirsi protetti da un ambiente comodo e piacevole, si trovano completamente abbandonati a loro stessi in un deserto di aiuole verdi... » dice J. M. Richards, e non potremmo certo, in parecchi casi, dagli torto.

Quando la misura e la moderazione vengono a mancare anche le migliori idee diventano pericolose, e il « prairie planning » (l'urbanistica della prateria, come viene scherzosamente definita quella di alcune delle citate nuove città) può essere per l'uomo e per la sua vita collettiva ugualmente deleterio e negativo quanto l'eccessivo addensamento delle nostre metropoli.

\*\*\*

Se poi passiamo dalla concezione ristretta della città tradizionale al nuovo e più ampio concetto moderno della città-regione, troviamo come lo spazio libero diventa dal punto di vista organizzativo ancora più importante, in quanto viene a interessare vastissimi territori una volta neppure lontanamente considerati nell'ordinamento urbanistico.

La incessante richiesta di aree per le crescenti attività umane, la collaterale ricerca di spazio con o senza particolari attrezzature

per indirizzare gli uomini durante le ore del tempo libero, la necessità di nuovi terreni per servizi sempre più complessi, l'organ-

unità autonome e indipendenti l'una dall'altra, oggi invece assumono il ruolo di poli di attrazione e di servizi coordinati in un

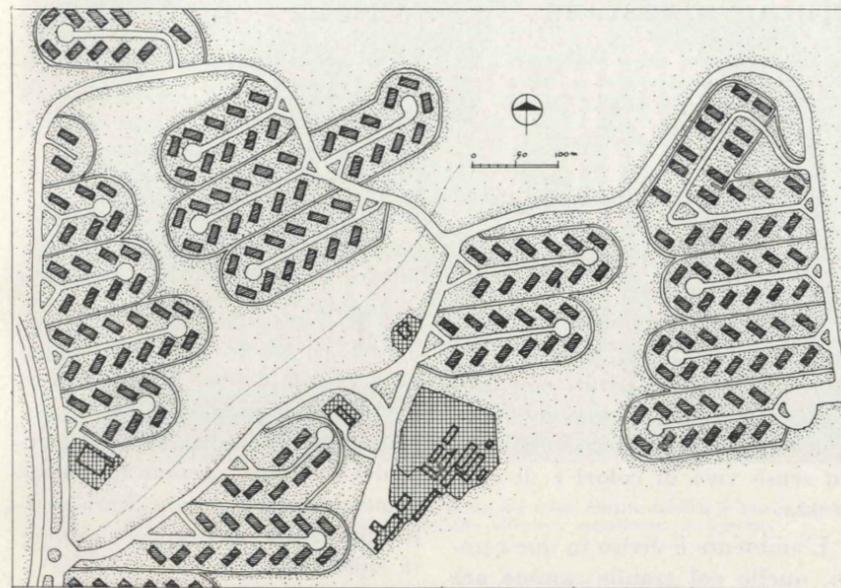


Fig. 18 - S. Pedro (California). Quartiere di Channel Heights (R. J. Neutra).

zazione dell'agricoltura sulle basi di un'industria estensiva, e infine le possibilità di rapido trasporto offerte dai mezzi motorizzati pubblici e privati, hanno permesso di estendere l'organizzazione sociale non più soltanto ai nuclei urbani propriamente detti e ai loro immediati dintorni, ma a tutta la regione da questi interessata e in cui le città, una volta isolate come

ordinamento gerarchico superiore.

Su questa nuova scala lo spazio libero attrezzato, coltivato o allo stato naturale acquista un valore preponderante nei campi organizzativo, sociale ed economico, sia come elemento utilizzato per ben determinati scopi attuali, sia come area indispensabile alla vita stessa delle persone accentrate

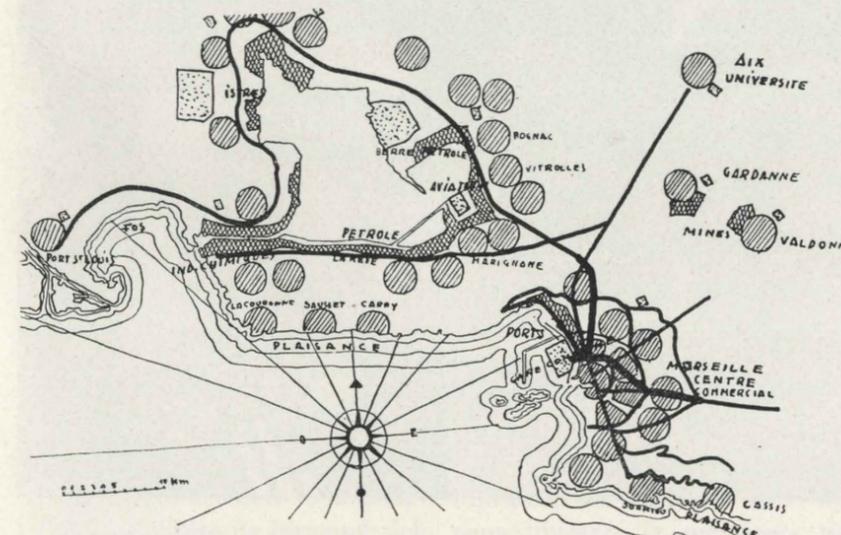


Fig. 19 - Piano regionale di Marsiglia (P. Jaume, 1954). A quadretto le zone industriali; a tratteggio le unità residenziali per 25 000 abitanti; a puntini i campi di aviazione.

nelle città e improduttive dal punto di vista agricolo, e sia come necessaria riserva per gli sviluppi futuri; esso è quindi indiscutibilmente il nuovo tessuto connettivo destinato a mantenere efficiente la coesione sociale della moderna organizzazione urbanistica.

Il piccolo giardino privato, il grande ma pur sempre troppo limitato parco delle ville principesche, non sono più che punti, che brevi accordi nella infinita orchestrazione della natura; e l'uomo? riallacciandosi alle origini potrà forse tornare, in un mondo di pace, ad abitare liberamente il grandioso giardino terrestre del nostro mondo?

È un'ipotesi che ci piace affacciare anche soltanto come un augurio, un'aspirazione.

Giorgio Rigotti

#### BIBLIOGRAFIA

- P. DE CRESCENZI, *Libro dell'agricoltura* (Firenze, 1478).
- A. PALLADIO, *I quattro libri dell'architettura* (1570) (Milano, 1945).
- F. DI GIORGIO MARTINI, *Trattato di architettura* (Torino, 1841).
- F. MILIZIA, *Principi di architettura civile* (Bassano, 1804).
- G. RIAT, *L'art des jardins* (Parigi).
- L. DEMI, *Il giardino italiano* (Milano, 1924).
- C. LATHAM, *The gardens of Italy* (Londra, 1905).
- G. RIGOTTI, *I borghi: dalle Siedlungen alle Greenbelt Towns* (Urbanistica, gennaio 1937).
- G. RIGOTTI, *Urbanistica. La composizione* (Torino, 1952).
- G. RIGOTTI, *Tendenze attuali nella struttura urbanistica delle città* (Atti e Rassegna Tecnica, settembre 1965).
- K. LYNCH, *The image of the city* (Harvard, U.S.A., 1960).

Articoli specifici su Urbanistica, Architectural Record, Architectural Review, Städtebau.

## Segnalazione di notizie storiche sul Maniero di Jssogne, architettura valdostana

AUGUSTO PEDRINI, valentissimo fotografo ma anche acuto indagatore di memorie storiche, prosegue nella collaborazione iniziata con « Atti e Rassegna Tecnica » inviando segnalazioni storiche sul Castello d'Jssogne sotto forma di lettera alla Direzione. Gliene siamo grati.

### Chiarissimo Direttore

Sono lieto della Sua ospitalità per porgere allo studioso alcune fotografie riproducenti le famose cucine del Maniero di Jssogne in valle d'Aosta.

È strano che mai fossero pubblicate essendo di interesse non comune come ottimi elementi di architettura. Il Maniero venne edificato tra i secoli XV e XVI, brillava certamente per freschezza di linee e di pitture, la cronaca del tempo lo disse il più nobile palazzo esistente negli Stati Sabaudi. Lo ideò il Conte Giorgio di Challant del Ramo Varey per la Contessa Margherita de la Chambre vedova del Conte Luigi di Challant del ramo di Aymavilles madre del Conte Filiberto del quale il Conte Giorgio era zio e tutore.

Scopo precipuo era quello di servire per una vita di quiete e piacevole, ingentilito dal prodotto dell'arte spirante grazia e comodità. I lavori iniziarono e continuarono sotto la direzione del Conte Giorgio che si ispirò alle varie architetture d'Italia, di Svizzera e di Francia improvvisandosi architetto.

Queste cucine sono al piano terreno, appena varcata la soglia dell'entrata principale del cortile d'onore. Si percorre a destra un breve andito nel quale, per primo, vi è un uscio con sportello intagliato raffigurante un servente in abito di gala che porge un boccale ed una coppa per significare che nel suo ambiente vi è la dispensa dei vini. Il tocco dell'artista è abile e preciso nei suoi particolari tanto che il suo sguardo serio e vivo, sembra voglia espri-

mere che il suo vino è ottimo e invita a berlo. Poco dopo si passa alle cucine che si presentano assolutamente uniche, vi domina la bellezza degli incroci della volta a mattoni in vista, poggianti su archi e pilastri costruiti con bardiglio verdognolo, tipico della valle, che dona coll'intonaco bianco, un senso vivo di colori e di allegrezza.

L'ambiente è diviso in due campi, quello col grande camino era adibito, si dice, ai famigli, sotto la grande cappa che occupa tutta la parete, dal lato di sinistra vi è il forno del pane, dal lato opposto, il passavivande alla camera da pranzo. L'altra cucina, separata dallo steccato, era riservata ai signori per la confezione dei dolci, come pignolati, amaretti,



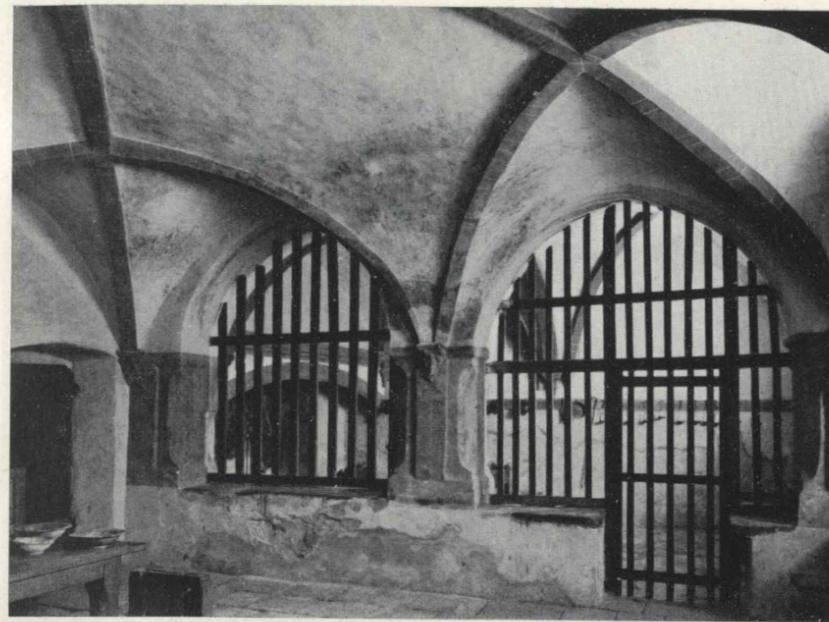
Cucina detta dei famigli, ma che doveva servire per tutti i conviventi del Maniero. Il mobilio ora esposto, non ha confronto con quello che doveva esserci, il quale certamente corrispondeva alla elevata cultura del Conte Giorgio di Challant, e più avanti, del Conte Renato amante del bello in tutti i particolari.

marzapane, torte di ogni maniera di pasticceria, e per i palati più delicati delle dame e damigelle, le cialde confezionate con frutti uniti al miele o zucchero ed il latte cagliato e aromatizzato.

Nei conti delle spese e nelle descrizioni di convitti della Casa di Savoia e di altre famiglie del secolo XV, s'incontra sovente le « nebuli » che dovevano essere pasticci leggeri come le odierne sfogliate talvolta spalmate da confetture di fragole, nella dovuta stagione.

Con la mente possiamo riportarci ai tempi dove il capo cuoco era un personaggio importante, con molta esperienza dirigeva l'arte del cucinare, siccome la scienza di accontentare il palato era molto apprezzata, governata con molta squisitezza.

Le cucine erano uno studio di piacere dove l'abbondanza e la varietà delle vivande non conoscevano misura. Sappiamo che le carni cotte con regola, venivano condite da salse forti, tutte aromi e pizzichi di mordenti con tartufi per rallegrare i commensali e per far loro gustare, con maggiore



Seconda cucina riservata ai signori e per la confezione dei dolci. Questo infelice e rozzo steccato sostituisce quello originale. Venne asportato all'epoca napoleonica e disperso.

avidità ed abbondanza i vini di Candia e di Gattinara e quelli eccitabili di Carema e di Caluso. Le cucine erano dotate di attrezzature impeccabili, alle pareti su appositi telai, venivano appesi varietà di recipienti in rame operati a sbalzo, luccicanti, orgoglio del padrone. I ferri dei camini lavorati artisticamente dall'impareggiabile fabbro Pantaleone de Lalle, autore dell'albero di Melograno, avevano tutti gli accorgimenti per sistemarvi marmitte, pentole, tegami e girarrosti, vi era pure un braccio in ferro, a portata di mano per i trincianti, i forchettoni, i mestoli di varie dimensioni. Adiacente alle cucine, una camera ora vuota, era adibita ai servizi con credenze generalmente di rovere per riporvi il vasellame, posaterie, boccali, bicchieri, tovaglie ecc. Il valletto servente o la valletta, prima di collocare sul posto dei padroni i due coltelli protetti da guaine d'argento cesellato, usavano baciarli inchinandosi con dignità. I manici delle posate in genere, erano d'argento o d'avorio talvolta decorate di brillanti, come descritto da inventari dei secoli XV e XVI. La forchetta a due punte, sostituì presto l'usan-

za di mangiare con le dita divenuta sconveniente e poco gradita in Piemonte.

È interessante consultare l'inventario del 1522 di Bianca Maria di Challant (nata Gaspardone), prima moglie di Renato di Challant nel quale sono annotati « cortelli vinti d'argento con una forcelletta; diciotto cucchiai d'argento ecc. ». Cosicché viene evidente l'uso della forchetta nel secolo XV. È un lungo e prezioso inventario da far invidia alle signore d'oggi, pur molto ricche!

Il Maniero conobbe i grandi convegni galanti di signorotti e coronati d'ambo i sessi, riuniti nella buona stagione sotto il portico affrescato, passando delle ore interminabili a tavola o nelle vaste sale inebriandosi in balli e libazioni al suono dei minuetti, pochi più modestamente in solitudine, giovanette e paggi, giocando a scacchi, come nella commedia di G. Giacosa.

Il Conte Giorgio di Challant, l'ideatore del Maniero, morì appena ultimata la sua opera nel 1509. Il nipote Luigi lasciava per testamento (1487) il contado a suo

figlio Filiberto che sposò Luisa (1502) l'unica figlia di Claudio d'Aarberg dei Principi di Baden apportando una dote rilevante, ebbero un figlio Renato il più insigne del casato dei Challant, infeudato di Jssogne nel 1532. Essendo privo di prole maschile, ne nacquero molte liti in famiglia che si susseguirono sino allo spirare del secolo XVII.

Renato di Challant rese Jssogne pari ad una reggia, ebbe quattro mogli e due figlie, nonché degli illegittimi.

Nonostante le sue molte assenze per servizi di Stato, la vita continuava elegante tra innumerevoli convitti con pranzi di gala, talvolta triste negli amori ed anche drammatica, lo confermano i molti graffiti sui muri delle sale e del porticato. Tra questi ve ne sono alcuni pietosi:

« Per non mostrare il mio dolore talvolta rido che crepa il cuore. 1577. Thoma Druenvald von Nuremberg »



Sportello della dispensa del vino e dei liquori. (Le cantine erano sotto la sala baronale molto spaziose e profonde con relativa ghiacciaia). Da un esame abbastanza accurato, questo intaglio, un po' mutilo dal tempo, si direbbe eseguito dai « magister carpentator » di maniere vigorose, che operarono alla costruzione ed agli intagli del coro della cattedrale di Aosta eseguiti per ordine dello stesso Conte Giorgio di Challant alla fine del secolo XV. I loro nomi si possono leggere intagliati dietro a uno stallone: D. IO. VION DE SAMUEL — D. JOHES DE CHETRO.

« Maledictus qui confidat in homine »

« Ingratis servire nefas »

« M. D. L. VIII a XXI d'aprile si partì Madama di Buronzo, piangendo et lacrimando ».

Renato di Challant morì nel luglio 1565 ad Ambronay dopo una brillante vita di onori, ma tirannico ed ingiusto; per molto tempo Jssogne fu luogo prediletto di delizie per i signori della stessa famiglia e non venne abbandonato che quando essa volse ad estinguersi.

All'epoca della rivoluzione francese il Maniero fu molto danneggiato e disperse le bellezze che conservava, le molte ricerche poco hanno recuperato <sup>(1)</sup>.

Spogliato e guasto senza riguardo alcuno, poco mancò divenisse casa colonica, finchè dopo due passaggi di proprietà, il pittore Vittorio Avondo lo acquistava per restaurarlo in collaborazione col prof. Alfredo d'Andrade, avendo il nobile intendimento di ripristinare il Maniero nel suo aspetto originale, nel possibile, donandolo allo Stato Italiano per la conservazione. Il pittore Avondo è stato talmente magnanimo che alla sua memoria, diede in eredità alla Società di Archeologia e Belle Arti del Piemonte, fondata nel 1874, una sua villa in via Napio-



Veduta parziale del cortile d'onore con l'entrata principale avente l'arco chiamato Tudor da una famiglia inglese che lo ideò nel 1485. Questo nominativo venne sostituito dai moderni in « chiglia rovesciata » (en accolade). A destra vi è il porticato con le lunette affrescate raffiguranti scene di bottega e artigianali trattate con leggero umorismo. Sulla parete di fondo della loggetta vi sono dipinti degli arabeschi ed in carattere gotico « La Garderobe de la Tapisserie ». Vi è in questo un po' di civetteria per vagheggiare le dame.

<sup>(1)</sup> Un cassone nuziale di ottima fattura è esposto nel Museo d'Arte Antica (Palazzo Madama) che si presume provenga da Jssogne.

Lo storico L. Vaccarone scrisse nel suo libro sui Challant a pag. 44 che: « Dopo la morte (1693) del Conte Carlo Giuseppe Lenoncourt, caduto nella battaglia di Marsaglia, l'affittavolo disse ben ricordarsi che sul principio dell'anno 1694 era giunto improvvisamente al castello di Jssogne il sig. D. Lombardo, famigliare del defunto Conte e vi rimase dai dieci ai dodici giorni. Necessariamente era stato lui che aveva fatto trasportare di nascosto le scritture ecc... aggiungendo che la Marchesa di Caraglio, a quel tempo Contessa di Challant, aveva fatto catalogare ogni documento e titoli dei feudi.

ne 2, costruita sulla riva del Po, affinché questa Società avesse una sede adeguata e confortevole.

Augusto Pedrini

P. S. - Il quarto Conte di Challant, Filiberto, divenne signore di Chatillon nel 1490. Però il castello era semidistrutto da eventi bellici, ma il più importante della valle come posizione. Perciò provvide a riintegrarlo e ingrandirlo per la sontuosa cerimonia del battesimo del figlio Renato che avvenne nel 1501. Nel castello esistono gli inventari esegui-

ti nel 1517 e 1565 nei quali sono descritte le stanze, la loro ampiezza e l'arredamento, nonché le gioie e l'argenteria. Gli stessi elenchi descrivono minutamente gli indumenti personali, la biancheria di « Olanda », le armi e le corazze ecc.

È per questa sontuosità ch'egli predilesse Chatillon, allora il borgo era chiamato Castillione, come residenza di gala, per le sue quattro nozze e per i grandi ricevimenti delle maggiori autorità del tempo, facendo così sfoggio della sua personalità, del suo potere e del lustro del suo casato.