

Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e
Ambientale (D.I.C.E.A.)

Tesi di Laurea
Progetto, costruzione e
manutenzione di pavimentazioni ad
elementi (lapidee)

Relatore: Prof. Ing. Marco Pasetto

Laureando: Sergio Trame

Anno Accademico 2012-2013

Indice generale

INTRODUZIONE	4
1 CAPITOLO	6
METODI PROGETTUALI	6
1.1. Principi formali e percettivi	6
1.2. Principi di resistenza agli agenti esterni.....	10
1.3. Principi concernenti la superficie dei materiali.....	13
1.4. Principi concernenti la messa in opera.....	14
2 CAPITOLO	16
CENNI DI LITOLOGIA	16
2.1. Minerali e rocce.....	16
2.2. Rocce eruttive (o endogene, o magmatiche).....	19
2.2.1 Rocce intrusive (o massive di profondità)	21
2.2.2 Rocce effusive (o vulcaniche).....	21
2.3. Rocce sedimentarie (o esogene).....	22
2.4. Rocce metamorfiche.....	25
3 CAPITOLO	28
METODI D'UTILIZZO DEI MATERIALI LAPIDEI NELLE PAVIMENTAZIONI	28
3.1. L'utilizzo della pietra locale	28
3.2. Porfidi.....	32
3.3. Graniti	35
3.4. Marmi.....	37
3.5. Travertino	40
3.6. Pietre	40
3.7. Impasto d'inerti legati da cemento.....	43
3.8. Materiali ricomposti	44
4 CAPITOLO	45
PAVIMENTAZIONI AD ELEMENTI TRADIZIONALI	45
4.1. L'acciottolato.....	46
4.1.1 Realizzazione dell'acciottolato a secco.....	53
4.1.2 Tecnica di decorazione pavimentale	55
4.1.3 Sovrastrutture in acciottolato e pietra	57
4.1.4 Realizzazione di sovrastrutture in acciottolato e pietra.....	59
4.1.5 La selciata di calce	61
4.2. Il selciato	63
4.2.1 Realizzazione delle pavimentazioni in cubetti	77
4.2.2 Realizzazione delle sovrastrutture mediante cubetti predisposti in moduli	95
4.3. Il lastricato.....	96
4.3.1 Tecnica attuativa dei lastricati	101
4.3.2 L'apparecchiatura	102
4.3.3 Attuazione delle sovrastrutture in piastrelle regolari	107
4.3.4 Inserimenti tranviari	108
4.3.5 Lastricato a opera incerta	110
4.3.6 Il lastricato "a stabilizzazione botanica"	113
4.4. I marciapiedi.....	115
4.4.1 Attuazione dei marciapiedi	130

5	CAPITOLO	132
	DRENAGGI	132
5.1.	Bilancio idrogeologico e coefficiente di rendimento	133
5.2.	Sezioni tipo e sistemi di drenaggio	136
5.2.1	Drenaggi superficiali	141
5.2.2	Incanalamenti superficiali delle acque	141
5.2.3	Incanalamenti sotterranei delle acque	146
5.2.4	Caditoie stradali o bocche di caduta.....	147
5.2.5	Chiusini	151

INTRODUZIONE

Da sempre, negli agglomerati urbani, la via è stata l'elemento maggiormente soggetto alle mutazioni dovute a ricostruzioni o manutenzioni. Infatti, la strada, con i relativi materiali e le apparecchiature impiegate, è stata ed è nei centri abitati l'elemento soggetto in maggiore misura al logorio, alle trasformazioni socioeconomiche, quindi alle variate o variabili richieste di spostamento degli individui e dei veicoli nelle loro diverse varietà, e pure alle mutate o mutevoli preferenze.

Le pavimentazioni costruite e utilizzate fino al diciannovesimo secolo mostravano ancora una marcata differenza generata dai luoghi e dalla specificità delle culture; pertanto erano diseguali le apparecchiature usate e i tipi di materiali.

Nonostante ciò le tecniche attuative erano alquanto comparabili, limitandosi sostanzialmente a due tipi: una realizzata con elementi posti a malta e l'altra con elementi collocati a secco. In entrambi i casi si preparava prima il fondo, tramite la battitura del terreno.

Più avanti esamineremo i diversi tipi di pavimentazioni, utilizzati maggiormente nel passato, dal punto di vista del sistema fognario, delle sezioni stradali, della diversificazione dei materiali e della lavorazione, che hanno contraddistinto e tuttora caratterizzano le specializzazioni delle diverse superfici utilizzate dai pedoni, dagli animali e dai veicoli.

In linea di massima, sia per gli interventi sui manti esistenti che su quelli di nuova realizzazione, vanno presi in considerazione una molteplicità di fattori, al fine di utilizzare i materiali più idonei e le tecniche di posa in opera più adeguate. Conoscere i materiali dal punto di vista tecnico-funzionale, estetico e storico-culturale è pertanto di notevole rilevanza. Ciò è indispensabile anche per ricorrere a combinazioni di più materiali, seppure molto diversi per qualità ed elementi (forma e dimensione), facendo uso sia di antiche sia di nuove apparecchiature, che possono purtroppo presentare rischi di tipo tecnico-prestazionale ed estetico. L'esperienza specifica del progettista e la sua sensibilità può comunque garantire il raggiungimento dei migliori risultati.

Ritenere ad esempio che la sagoma di un manto stradale, o di una piazza, sia orizzontale perché lo è la superficie del fondo si sbaglia giacché va sempre garantito il deflusso idrico; pertanto le pendenze necessarie allo sgrondo dell'acqua, i marciapiedi, etc. possono scompagnare quanto previsto sul

disegno in fase di progetto, che effettivamente è planare. L'insieme delle linee d'impluvio e di crinale, dovute alle intersezioni dei piani inclinati, va quindi esaminato attentamente durante la progettazione al fine di evitare nell'esecuzione irregolarità derivanti da linee spezzate anziché ad andamento rettilineo, come previsto; scompensi che tra l'altro possono scaturire anche da raccordi tra piani improvvisati.

Teniamo anche presente che ogni settore della pavimentazione deve adempiere una specifica funzione, mutevole a volte con il trascorrere del tempo. Pertanto ai materiali si richiedono requisiti tecnici-formali e oggi anche di natura formale e percettiva.

I primi, per rispondere a specifiche esigenze: è il caso ad esempio delle rotaie in pietra scalpellata per carri, con interposta fascia di ciottolato atto a garantire una buona aderenza agli zoccoli ferrati degli animali da traino.

Per quanto concerne i secondi requisiti si riportano invece le tre classiche distinzioni tra percorsi carrabili, ciclabili e pedonali in cui le tecniche applicative e i materiali tendono a una netta diversificazione figurativa e tipologica, fornendo pure una valida e rapida distinzione delle differenti funzioni. Cosicché spesso è inequivocabile la lavorazione riservata ai percorsi carrabili e ciclabili, ben diversa da quella delle aree pedonali (pietra o laterizio). Parimenti sono ben evidenti gli attraversamenti tra i vari percorsi.

Altra considerazione di notevole rilievo è quella dell'*accessibilità*, intesa come complesso di soluzioni da adottare nei riguardi delle pavimentazioni. L'obiettivo consiste nel rimuovere le fonti pericolose rendendo così più confortevoli e utilizzabili gli spazi esterni, ciò da parte di tutti e soprattutto delle persone portatrici di handicap.

Premetto fin d'ora che le figure presenti negli ultimi tre capitoli di questa tesi di laurea sono tratte dal testo di G. Blanco, *Pavimentazioni in pietra*, Ed. Carocci, Roma 1994.

1 CAPITOLO

METODI PROGETTUALI

Di seguito sono riportati i principi riguardanti la scelta dei tipi di pietre più adatte per la costruzione delle pavimentazioni e la loro posa in opera. Criteri che sono collegati ad aspetti di tipo estetico e soggettivo (percettivi e formali), oggettivo (superficie dei materiali e resistenza) e alle caratteristiche richieste alla sovrastruttura.

1.1. Principi formali e percettivi

Invecchiamento

Le trasformazioni del materiale lapideo posto in opera sono determinate dal decorrere del tempo e l'utilizzo della pavimentazione da parte dei vari utenti che provocano l'usura del manto, unitamente alle diverse qualità e al ripetersi degli interventi conservativi e inoltre in correlazione alla disposizione degli elementi.

La variazione dello stato iniziale può provocare un graduale deterioramento della pavimentazione, o attribuirle un valore superiore. Ciò discende da un complesso di fattori collegati a lacune progettuali e/o operative e al materiale adoperato.

Conseguenze inerenti all'esposizione esterna

Gli elementi lapidei, costituenti una pavimentazione, possono modificare il loro aspetto nel momento in cui sono impregnati d'acqua (pioggia, umidità, gelo etc.), prendendo in tal modo tonalità e colorazioni quasi scure in correlazione al tipo di pietra adoperata. Va anche tenuto presente che la luce artificiale o naturale, avendo intensità e inclinazioni differenti, produce diseguali condizioni di percezione delle ombre, dei riflessi e dei cromatismi.

In fase progettuale tali fattori vanno presi in considerazione in quanto, ad esempio, superfici rivolte a nord, essendo soggette a scarsa luminosità, tendono a neutralizzare trame e colori. A volte sono quindi previsti dei correttivi come

colorazioni appariscenti, giunti e trame più evidenti.

Condizioni di utilizzo

Le percezioni delle peculiarità della pavimentazione sono pure condizionate dall'intensità dell'utilizzo che ne fanno gli utenti pedoni, ciclisti o conduttori di veicoli leggeri o pesanti. La fruizione ciclica, variamente intensa, può essere stagionale, settimanale o giornaliera, o legata a certe ricorrenze o accadimenti specifici correlati al posto.

Ovviamente una turba considerevole su un'area pedonale tende ad annullare la percezione delle qualità della pavimentazione, specialmente in lontananza. In tale situazione l'insieme tende all'indistinto, mentre l'interesse si sposta sui particolari vicini all'osservatore.

Mentre nel caso di scarsa presenza di utenti è favorita una visione d'insieme del manto, con il suo disegno complessivo stabilito in fase di progetto.

Elementi percettivi soggettivi

1) *Cambiamento di luogo.* Il susseguirsi d'immagini, generate da un qualsiasi tragitto, produce illimitate condizioni di percezione della sovrastruttura pure in relazione alla spazialità urbana nel suo complesso. Pertanto le immagini visive e le situazioni che ne derivano sono da prendere in considerazione in fase di progetto.

Effetti ottici particolari possono essere ottenuti ricorrendo a opportuni accorgimenti relativi alla scelta e alla lavorazione del materiale, alle apparecchiature e alla figura complessiva. In questo modo un'opera architettonica può essere allontanata o avvicinata visivamente o alterata la percezione della sua altezza, da certe posizioni di osservazione.

2) *Tipo di circolazione.* I vari utenti della pavimentazione (pedoni, ciclisti, automobilisti etc.), in relazione alla rispettiva velocità, percepiscono le immagini in modo diverso. Perciò nel corso della progettazione conviene esaminare i dati del quesito al fine di agevolare, o cercare di mediare, le differenti necessità. Zone ombreggiate e conseguentemente indistinte a volte hanno bisogno di opportuni interventi sulle strisce di margine pedonale e/o ciclabile con corsie di traffico veicolare, attraverso la previsione di una migliore messa in evidenza delle tonalità cromatiche, della trama e del disegno, tralasciando particolarità ammirate unicamente nei percorsi pedonali.

3) *Andamento altimetrico*. Allo scopo di prevenire eventuali problemi durante l'attuazione della pavimentazione, in fase progettuale va tenuto nella massima considerazione l'andamento altitudinale dell'area di base.

4) *Gerarchia*. E' l'adeguata disposizione degli spazi, o delle altre componenti urbane, in funzione della rispettiva rilevanza correlata principalmente alla loro grandezza. All'interno di questa gerarchia le sovrastrutture si rapportano alle diverse spazialità, ossia alle differenti caratteristiche di ciò che è spaziale (cioè collocato nello spazio con proprie e peculiari qualità), concorrendo a variare o mettere in luce ambiti muniti di connotazioni loro. Di conseguenza, nella gerarchia globale, le pavimentazioni possono farsi carico di diversificazioni attuative, dimensionali e funzionali di percorso (carrozzabili, ciclabili e pedonali). Pertanto un percorso pedonale, traversando un diverso ambito gerarchico, può trasformarsi in una scalinata a gradoni o in una piazza, mutando l'aspetto sia per quanto riguarda i materiali, la forma degli elementi, il disegno, la tessitura o le altre molteplici peculiarità in grado di precisarne la diversità.

Un esame attento e coscienzioso delle gerarchie, nel corso della progettazione, è indispensabile sia per affrontare i nuovi interventi che quelli di recupero, pure incentrati su accurate indagini filologiche.

Dalle soluzioni del passato si possono trarre indispensabili rudimenti per una corretta e moderna progettazione, idonea a garantire una buona e più esatta decifrazione delle gerarchie pure nel caso di un loro avvenuto cambiamento.

5) *Forma, grandezza e scala*. Sono gli aspetti di maggiore rilievo che attribuiscono agli spazi la loro posizione gerarchica tramite il confronto delle relative peculiarità e la disamina dei loro rapporti.

I confini di uno spazio determinano la sua forma.

La superficie della pavimentazione costituisce il limite inferiore, mentre gli altri confini da esaminare con attenzione sono le facciate degli edifici, gli altri spazi vuoti costituiti da finestre o balconi e tutti gli altri casi con le possibili combinazioni che possono comparire.

La forma dello spazio, pure in rapporto alla presenza delle costruzioni e alle loro qualità peculiari, rappresenta uno degli aspetti da tenere in grande considerazione per la determinazione del disegno e pertanto la scelta dei materiali, la fattezze e la sistemazione degli elementi.

La stima della grandezza di un volume o di uno spazio è basata sul legame dimensionale che definisce la scala, ossia sul rapporto comparativo tra più elementi.

Parecchi sono gli esempi, del passato ed anche attuali, messi in atto con lo

scopo di alterare la scala dei volumi e degli spazi urbani, tramite accostamenti che facilitano diversi raffronti e quindi maniere differenti di apprezzamento percettivo del reale.

6) *Colore, tessitura e disegno*. Rappresentano gli elementi percettivi basilari di una soprastruttura, ossia la scelta progettuale conseguita in seguito ad una disamina globale delle caratteristiche del posto, dell'utilizzo ipotizzato, oltre che a un'analisi complessiva delle qualità e dei metodi di selezione riguardanti i materiali e al loro modo di utilizzazione.

Lo strato superficiale può essere lavorato in modo omogeneo, oppure con delle discontinuità nell'uso dei materiali, dei colori e della tessitura; l'ultimo caso si utilizza per originare i disegni. Nell'eventuale impiego di disegni privi di carattere ripetitivo, ossia che mostrano evoluzioni e fogge diverse e indipendenti, necessita rammentare l'insieme delle correlazioni che sussistono tra loro per una globale valutazione del progetto, pure in rapporto alla distribuzione dei volumi del contesto.

7) *Continuità*. Nell'eventualità che la pavimentazione mostri caratteristiche di uniformità nella lavorazione per quanto concerne la tessitura, il disegno e la qualità del materiale ci si trova alla presenza di una continuità delle differenti parti che la costituiscono. Continuità che definisce uno specifico ambiente pure spaziale, dando origine a un elemento di omogeneità percettiva.

8) *Sequenza*. Fenomeno dovuto al mutamento delle visioni, nel caso in cui un qualsiasi utente della pavimentazione la percorra in uno specifico senso di marcia. Le singole immagini, pur essendo autonome, acquisiscono un significato globale una volta connesse e analizzate nella successione fissata dalla sequenza.

A tal proposito, il progettista può favorire o no certe sequenze mediante uno studio accurato della pavimentazione. Ad esempio, la lavorazione dello strato superficiale può agevolare la continuità della percezione spaziale.

Nel rinascimento (periodo che va dalla fine del secolo XIV a tutto il XVI), inizio della civiltà moderna, c'era un unico percorso assiale che regolava lo spazio, mentre l'attuale visione è rivolta a una sua disamina mediante gli innumerevoli tragitti attuabili.

La pavimentazione diviene quindi luogo degli innumerevoli itinerari dagli infiniti sviluppi, specialmente per quanto riguarda le piazze e gli spazi urbani esterni. Il progettista deve pertanto disporre di una vasta libertà, in grado di appagare le nuove necessità estetiche compositive.

9) *Ripetizione e ritmo*. S'instaura una ripetizione ogniqualvolta in una sequenza, nella sua conformazione più elementare, è riproposto in modo indefinito lo stesso elemento. Mentre si stabilisce un ritmo quando la ripetizione propone interruzioni attuate tramite l'introduzione di elementi diversi collocati a distanze regolari e secondo un assetto predisposto.

A volte nel passato il ritmo assumeva significati di tipo simbolico; comunque l'ideazione ritmica prepara la pavimentazione verso possibilità di variazione da analizzare con attenzione in relazione ai volumi e agli altri elementi che formano l'insieme.

10) *Simmetria - asimmetria*. I rilievi mossi a proposito della sequenza sono legati saldamente a queste condizioni.

La simmetria raffigura una situazione d'equilibrio di elementi in relazione ad un asse. Pertanto la simmetria fissa una disposizione definitiva e invariabile.

Ovviamente l'asimmetria stabilisce una condizione di non equilibrio.

In ogni caso, quando è assunto un asse, si presume l'esistenza di un tragitto privilegiato e situato nel centro. Il non rispetto, o il potenziamento della simmetria mediante la lavorazione della pavimentazione, è una scelta da fare di volta in volta, in correlazione agli elementi dell'insieme e in funzione di ciò che si desidera realizzare.

1.2. Principi di resistenza agli agenti esterni

Tali criteri derivano dall'utilizzo cui sarà assoggettata la pavimentazione, dal complesso delle condizioni atmosferiche del posto, dalle caratteristiche del materiale adoperato, dal tipo della messa in opera, dallo strato di materia interposta tra il fondo e il rivestimento esterno (sottofondo), dai drenaggi (profondi e superficiali), dalle pendenze e da altri fattori strettamente collegati alla relazione tra esecuzione della sovrastruttura ed eventi esterni.

I materiali da impiegare devono rispettare le direttive contenute nel R.D. del 16 novembre 1939, n. 2234 (Norme per l'accettazione dei materiali per pavimentazioni).

In esse sono contemplate le prove da compiere per verificare l'idoneità dei materiali da pavimentazione in piastrelle o lastre.

Vanno pertanto testati mediante la prova di gelività, quelle di resistenza alla

rottura per flessione e per urto, all'usura per attrito radente e per getto di sabbia.¹

Resistenza al traffico

Una pavimentazione deve essere idonea al tipo di traffico previsto in sede progettuale, pertanto vanno rispettati opportuni requisiti tecnico-funzionali.

Ricordiamo a tal proposito che il traffico può essere veicolare (pesante o leggero), ciclabile o pedonale. Teniamo pure presente che, come meglio vedremo nel par. 1.4, anche le pavimentazioni dei percorsi pedonali possono essere utilizzate come carreggiabili.

Per quanto riguarda gli aspetti collegati alla resistenza al movimento dei veicoli e dei pedoni, valgono quelli menzionati nell'introduzione.

Di conseguenza in base al tipo di traffico si adottano le soluzioni più adeguate per gli elementi lapidei utilizzati per ricoprire la superficie superiore del sottofondo, nonché per gli elementi accessori come i pezzi di serraglia, le cordonate, le botole, i chiusini, i vari tipi di caditoie e tutti gli altri congegni indispensabili alle differenti necessità.

Di solito le parti maggiormente esposte al deterioramento, in seguito alle sollecitazioni dovute al traffico, sono quelle che rappresentano delle discontinuità del manto. Ne consegue che la pavimentazione, nella sua globalità, debba essere progettata e attuata con una portanza uniforme e coordinata in ogni sua porzione.

Certi sistemi di drenaggio, dotati di griglie di varia conformazione o misura, possono causare degli inconvenienti. A tale scopo ricordiamo le norme DIN 1213 e 19599, inerenti agli scarichi puntiformi, e le DIN 19580, relative al drenaggio lineare. Suddette disposizioni disciplinano le procedure costruttive, la standardizzazione, la caratterizzazione e il controllo di qualità della produzione dei sistemi da utilizzare per il drenaggio delle pavimentazioni distinte in classi di carico (confrontare paragrafo 4.4).

Resistenza all'usura

Nel caso specifico in esame, l'usura è il consumo che la superficie di un elemento lapideo subisce a causa dell'attrito. La variazione dello stato inerziale, sia dinamico sia statico, oppure il moto a regime di un qualsivoglia corpo su una

¹ I requisiti e i metodi di prova relativi alle lastre, ai cubetti e ai cordoli di pietra naturale per pavimentazioni esterne sono attualmente regolamentati rispettivamente dalle norme UNI EN 1341, 1342 e 1343 (2003).

pavimentazione determina il fenomeno sopra descritto. Pertanto il transito dei pedoni, le fasi di accelerazione e frenatura o di moto uniforme dei veicoli provocano trasformazioni sulla pavimentazione; nel caso di una buona progettazione e realizzazione, il manto oltre a resistere bene alle sollecitazioni tangenziali, nel tempo migliora pure la sua esteticità.

Il tribometro è l'apparecchio utilizzato per eseguire la prova all'usura per attrito radente (art. 5 del R.D. 2234/1939).

E' prevista pure la prova all'usura a getto di sabbia (art. 6 etc.): sul campione è lanciata una dose di arena tramite un iniettore alimentato ad aria compressa. A fine prova, dall'aspetto del provino e dalla sua perdita di peso, sarà fornito un giudizio sull'accettazione o meno del materiale.

Resistenza agli urti

Gli elementi delle pavimentazioni spesso sono danneggiati dalla caduta di cose materiali durante la movimentazione delle merci o da altri eventi, pertanto deve essere prevista la possibilità di una loro sostituzione. Ne consegue che tali elementi, dovendo resistere agli urti, siano sottoposti alla relativa prova di rottura (art. 3 del R.D. 2234/1939) e quella a flessione (art. 4 etc.).

Resistenza chimica

L'art. 16 del R.D. 16 novembre 1939, n.2232 (Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione) fissa le prove di resistenza chimica alla salinità marina dei provini lapidei. Per testare la capacità delle pietre di tollerare la salinità, il campione si tiene alternativamente sommerso nell'acqua di mare ed esposto alla circolazione dell'aria satura di salsedine.

Al termine del periodo di prova il provino è esaminato per vedere se presenta segni di sgretolamento e di alterazione, in modo particolare negli spigoli.

Teniamo presente che è da evitare la costruzione di pavimentazioni in pietra in zone dove si prevede che acidi, oli, sali per sciogliere la neve o altre sostanze chimiche le possano aggredire con continuità.

Grado di resistenza al gelo

Gli elementi lapidei impiegati nelle pavimentazioni devono essere sottoposti alla prova di gelività, ossia d'individuazione dell'attitudine a frantumarsi per l'azione ripetuta e disgregante del gelo. Ovviamente si devono impiegare quelli non gelivi, cioè capaci di tollerare temperature inferiori a 0° Celsius. L'art. 7 del

R.D. 2234/1939 prevede che le prove siano effettuate su campioni soggetti a ripetuti cicli di congelamento e scongelamento e secondo una procedura prestabilita. Al termine di ogni ciclo e a prova ultimata, la superficie del campione è minuziosamente esaminata al fine di verificare l'esistenza di eventuali screpolature o distacchi di particelle.

1.3. Principi concernenti la superficie dei materiali

Nel progettare una pavimentazione si deve sempre ricercare un compromesso tra funzionalità e valori estetici.

Valori estetici che si estrinsecano principalmente tramite le caratteristiche superficiali della sovrastruttura.

Tutto ciò è vero anche se la stessa superficie, espressa attraverso figure, consegue da un insieme di fattori uniti al globale procedimento di realizzazione della pavimentazione, scelto pure in rapporto alla resistenza agli agenti esterni.

Differenziamento visivo

La posizione e la forma degli elementi (trama), le caratteristiche del materiale, fra le quali il suo cromatismo, sono taluni dei fattori riguardanti una specifica pavimentazione, che stabilmente ne contraddistinguono la sua tipicità.

L'icasticità (figuratività, iconicità) complessiva è costituita dal collegamento tra questa specificità delle differenti parti costituenti la pavimentazione. Perciò i differenziamenti visivi posti in essere per le funzioni d'uso riferite ai distinti percorsi carrozzabili, ciclabili e pedonali sono da prendere in esame pure in rapporto alle intenzioni progettuali globali.

In tal modo una piazza può essere ideata a guisa di superficie piana da usare per mettere insieme più parti, ossia differenti specificità visivamente diverse.

Regolarità superficiale

L'uniformità superficiale è correlata in modo diretto al comfort offerto ai vari fruitori della pavimentazione: pedoni, ciclisti, conduttori e passeggeri dei veicoli.

Frequentemente l'esteticità delle pavimentazioni e le comodità d'uso si trovano fra loro in contrapposizione, è il caso ad esempio di alcune realizzazioni del passato, ma anche del presente, in cui diversità superficiale e bellezza sono inseparabili (v. figg.1,2 e 3; cap. 4).

Nelle progettazioni attuali sono prese in considerazione le diverse necessità dei percorsi carreggiabili veloci, ciclabili e pedonali da quelli a traffico carrozzabile lento e pesante, che esigono una minore regolarità. A tal proposito è fattibile il ricorso alle diversificazioni visive, formate da tragitti a superficie regolare equidistanti da quelli meno uniformi superficialmente, perché capaci di permettere, alle diverse tipologie di traffico, una comodità superiore pur mantenendo inalterato l'antico valore estetico.

Aderenza

E' un insieme di fenomeni che permettono la variazione dello stato inerziale dei corpi, tramite lo scarico di specifiche azioni longitudinali e trasversali alla pavimentazione.

La *micro rugosità* degli elementi, qualità peculiare dei medesimi e della loro lavorazione superficiale, è in rapporto specialmente al traffico veicolare lento e pedonale.

Mentre la *macrorugosità* è prodotta dai giunti, dal loro ripetersi (frequenza) e qualità, perciò è in relazione al trattamento dei bordi degli elementi ed alla loro dimensione. La macrorugosità è utile al traffico veicolare veloce.

Il drenaggio superficiale di una pavimentazione in pietra è pure legato alla macrorugosità, oltre che al profilo delle sue sezioni e alla permeabilità o meno dei giunti.

Rumore

L'intensità del rumore, dentro e fuori l'abitacolo di un autoveicolo, generato dagli accoppiamenti cinematici ruote-pavimentazione dipende moltissimo dalle caratteristiche di quest'ultima. Le pavimentazioni a elementi, discontinue e particolarmente rugose, sono alquanto rumorose a differenza di quelle uniformi e poco ruvide.

1.4. Principi concernenti la messa in opera

Estetica e funzionalità di una pavimentazione dipendono dal tipo di scelta della messa in opera, nonché dalla sua corretta realizzazione. Scelta da eseguire valutando attentamente le qualità peculiari dei materiali, le dimensioni e la forma degli elementi, la loro sistemazione e principalmente le probabili

sollecitazioni esterne cui sarà sottoposta la sovrastruttura, pure in rapporto alle caratteristiche del sottofondo.

Le sollecitazioni esterne derivano essenzialmente dai carichi accidentali (veicoli, pedoni e animali) e dalle condizioni ambientali (temperatura e umidità); mentre è del tutto trascurabile il peso proprio della struttura. Non è sempre semplice, in fase previsionale, un'esatta valutazione del tipo di traffico; a volte un tragitto urbano immaginato come pedonale può essere utilizzato, anche se occasionalmente, da veicoli pesanti con effetti devastanti.

Nel tipo di scelta della messa in opera devono anche essere presi in esame i tempi di esecuzione, i costi, la facilità di rimozione e ripristino degli elementi, oltre che l'utilizzo della manodopera locale per dare continuità alle tecniche costruttive legate alla tradizione. Va pure preso in considerazione il tempo che intercorre tra la fine dei lavori e l'apertura al traffico.

Fondamentalmente si adottano due tipi di posa in opera: su letto di malta e su strato di sabbia.

La *posa su letto di malta* è utilizzata per elementi lapidei di limitato spessore che appunto necessitano di un sottofondo rigido, spesso in calcestruzzo anche armato. Le fessurazioni dovute al ritiro, alle dilatazioni termiche e alle flessioni conseguenti ai carichi esterni sono rese impossibili prevedendo dei giunti di dilatazione (larghi 1 cm) ogni 30/50 mq, secondo la tipicità degli elementi e della loro collocazione.

La *posa su letto di sabbia* è utilizzata per elementi di notevole spessore, con superficie di marcia di qualsiasi misura.

Una realizzazione di qualità richiede anche che gli elementi vengano ben accostati al fine di garantire regolarità e solidità alla pavimentazione. Questo genere di messa in opera, di facile realizzazione e immediata apertura al traffico a lavoro ultimato, permette una rimozione e un ripristino veloci degli elementi qualora si rendessero necessari interventi nel sottosuolo.

Nel progettare una pavimentazione bisogna prevedere, oltre al costo iniziale, anche quello a lungo termine dovuto alla gestione (manutenzione), nonché le proprietà dei materiali utilizzati e la predisposizione di opportuni quantitativi di scorte. Pertanto il tornaconto economico deve essere conseguito nel lungo termine in rapporto alle situazioni di utilizzo consuete e insolite, ai tipi d'interventi nel sottosuolo e agli accadimenti fortuiti.

2 CAPITOLO CENNI DI LITOLOGIA

2.1. Minerali e rocce

Premessa

Si chiama *litosfera* (o crosta terrestre) la parte superficiale e solida della Terra composta di minerali e rocce.

Un *minerale* è un composto (o oggetto) naturale, inorganico, allo stato solido e nella situazione stabile-cristallina.

Un *composto* è un corpo omogeneo ottenuto per combinazione reciproca di due o più elementi chimici o due o più molecole o un elemento e una molecola oppure trasformando, per esempio con un aumento di temperatura, una molecola in un'altra; nel corpo così ottenuto non sono più riscontrabili le proprietà dei singoli elementi.

Le qualità: *naturale*, *inorganico* e *cristallino* sono necessari alla definizione di minerali.

L'attributo "naturale" e "inorganico" vuole rispettivamente precisare che l'oggetto si trova in natura ed esclude tutti i cristalli di origine organica.

Inoltre un minerale per essere tale deve presentarsi nella forma stabile e anisotropa dello stato solido, che è quello cristallino.

L'*anisotropia* è una caratteristica che riguarda i corpi le cui proprietà fisiche presentano comportamenti variabili con le diverse direzioni. In modo più rigoroso: se una sola proprietà del corpo varia con la direzione, esso si trova allo stato anisotropo.

Mentre se tutte le proprietà fisiche di un corpo non dipendono dalla direzione, esso si dice allo stato *isotropo*: contraddistingue i gas, la maggior parte dei liquidi e alcuni solidi in condizione metastabile vetrosa.

Ne consegue che l'anisotropia è indispensabile alla determinazione dello stato cristallino, mentre l'isotropia qualifica quello amorfo.

In altri termini per *cristallo* s'intende quel solido fisicamente omogeneo e anisotropo avente non solo una forma esterna poliedrica, che a volte può mancare sia per accrescimento irregolare sia per altri fattori estranei, ma

soprattutto una struttura ben definita.

Lo stato cristallino è dunque caratterizzato dall'ordine degli atomi, i quali sono distribuiti in filari tridimensionali che formano il reticolo cristallino. Alcune sostanze non presentano però struttura cristallina, cioè le loro particelle sono disposte disordinatamente ed allora si dicono *amorfe*.

Lo stato amorfo è distinto dal cristallino appunto per il disordine dei suoi atomi.

Le sostanze amorfe sono isotrope, cioè le loro proprietà fisiche sono uguali in qualunque direzione.

Le sostanze cristalline invece sono anisotrope, in esse le proprietà fisiche (conducibilità termica ed elettrica, rifrazione, etc.) sono in funzione della direzione.

In definitiva, per la definizione di minerale, le caratteristiche naturale, inorganico e cristallino sono, prese separatamente, necessarie ma non sufficienti.

Dicesi *roccia* una massa cospicua di crosta terrestre, formata da un minerale o da un aggregato di due o più minerali.

Le rocce costituite da un solo minerale si dicono semplici, come ad esempio la calcite (minerale costituito da carbonato di calcio in cristalli romboedrici, biancastri) e il gesso; composte (sono le più numerose), quelle formate da più minerali, come il granito che è costituito da quarzo, mica e feldspato.

Osservazioni

Una sostanza solida pura (non mescolata ad altre sostanze) se riscaldata fonde, mentre avviene l'esatto contrario nel caso in cui essa è fusa e si raffredda solidificando. Tale processo denominasi *cambiamento di stato* e avviene a temperatura costante, pur dovendosi rispettivamente somministrare e togliere calore, a seguito di assorbimento o emissione del così detto calore latente di trasformazione.

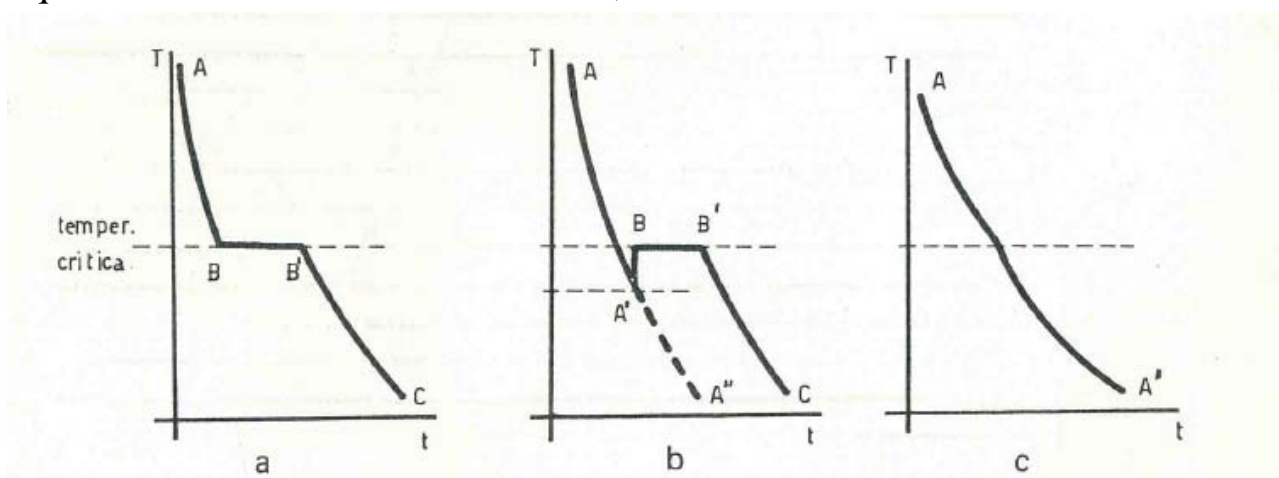
Il cambiamento di stato, in determinate condizioni di pressione, avviene a una ben definita temperatura critica: di conseguenza si può affermare che, a certe pressioni, ci sono definite differenze di temperatura in cui una sostanza mantiene invariato il suo stato fisico.

Se una sostanza è portata, con adeguate procedure, a conservare un definito stato fisico sebbene in un intervallo, di temperatura e pressione, caratteristico di un altro stato, si tratta di un fenomeno di *equilibrio metastabile*: perché basta una circostanza da poco per alterarlo.

Entrando un po' nel dettaglio, si consideri una sostanza allo stato fuso e si

riduca la temperatura sino a quella di solidificazione; possono verificarsi tre diverse condizioni:

- 1) la sostanza inizia a solidificare, sprigionando calore e conservando la temperatura critica per l'intera durata del processo (*fig. a*);
- 2) lo stato liquido della sostanza permane pur riducendo la temperatura di sotto il valore critico, posizionandosi in situazione metastabile. Se tale condizione è alterata, inserendo ad esempio una piccola parte solida della stessa sostanza, la temperatura aumenta subito fino al livello critico e comincia così la fase di solidificazione; tale processo è denominato sopra-raffreddamento (*fig. b*);
- 3) Raggiunta la temperatura critica il fluido si trova in situazione metastabile e acquista una determinata viscosità, che aumenta ulteriormente con il



raffreddamento; alla superiore densità non corrisponde lo stato solido ma una semplice consistenza vetrosa. Trattasi della *condizione metastabile vetrosa*: situazione in cui le sostanze solo apparentemente solide in realtà sono amorphe (*fig. c*), cioè non cristalline (la possibilità di moto reciproco delle particelle che le costituiscono si è praticamente annullata).

L'esteriorità dei minerali

I minerali si presentano o possono apparire sotto forme poliedriche e pertanto si prestano a essere assimilati a modelli geometrici tridimensionali. Le direzioni ben definite delle facce di un cristallo mostrano direttamente l'anisotropia del minerale, conseguente alla sua struttura interna. Generalmente l'aspetto di un corpo naturale non è lo stesso del modello ideale: ciò deriva dalle condizioni ambientali e specificatamente per un accrescimento irregolare del cristallo, dovuto a impedimenti meccanici.

E' il caso, ad esempio, dei cristalli che si formano nelle fratture e sporgono da

esse; o quelli che si originano all'interno delle cavità, dove la forma geometrica è propria della sola parte non appartenente alla parete; infine analizzando il processo di solidificazione magmatica si nota che i cristalli formati per primi hanno assunto forme proprie, mentre quelli sviluppati in seguito sono stati costretti a subire configurazioni adeguate agli spazi disponibili.

La *sfaldatura* è una proprietà di molti minerali, legata al loro aspetto. I cristalli naturali soggetti a certe sollecitazioni si rompono, con sforzi e conseguenze variabili con le direzioni. Ad esempio, per azioni non coincidenti con le direzioni preferenziali di sfaldatura la frattura si manifesta in modo qualunque e a seguito di una sollecitazione molto superiore.

La sfaldatura è il risultato della conformazione interna del cristallo e corrisponde a piani densi di particelle del reticolo cristallino. Ci sono però anche dei cristalli privi di sfaldatura e ciò è sempre dovuto alla struttura interna. Ad esempio il quarzo presenta la peculiarità di rompersi in modo asimmetrico. Teniamo presente che la sfaldatura è uno degli aspetti dell'anisotropia, dello stato cristallino. Inoltre, una faccia del cristallo non sempre coincide con un piano di sfaldatura, mentre quest'ultimo è sempre una faccia, almeno potenziale.

Per quanto riguarda la giacitura delle rocce e cioè la loro origine, esse possono essere distinte in tre grandi gruppi: eruttive, sedimentarie e metamorfiche.

2.2. Rocce eruttive (o endogene, o magmatiche)

Si formano per solidificazione, dovuta al raffreddamento, dei magmi vulcanici provenienti dagli strati profondi della litosfera. Sono pure definite *rocce ignee*, perché il magma raggiunge di solito temperature superiori ai 900°C. Una roccia ignea ha composizione e aspetto diversi in correlazione alle qualità fisico-chimiche dei magmi e al sito, dove essi si raddensano.

Il magma è una massa ad alta temperatura (700°-1200°C) parzialmente o completamente fusa, costituita da una miscela di minerali (silicati), con presenza di altri cationi (ioni dotati di carica positiva), di gas e vapore, primo fra tutti quello d'acqua.²

L'elemento principale del magma è rappresentato dalla silice (SiO₂), la stessa sostanza di cui è fatto il quarzo, che si riscontra in percentuali variabili da un

² Ione: atomo, gruppo di atomi o molecola dotati di carica elettrica positiva (cationi) o negativa (anioni).

minimo del 40% (molto raro 35%) a un massimo del 75% (raro 80%), in percentuale ponderale. Il secondo elemento in ordine di quantità è l'allumina (Al_2O_3), presente fra il 10% e il 20% in peso. Seguono, in quantità inferiori al 10%, diversi ossidi di ferro, manganese, magnesio, sodio, etc. Pure rilevante è la presenza di gas e vapori, sotto forma di acqua (H_2O), anidride carbonica (CO_2), ossido di carbonio (CO), idrogeno (H_2), acido cloridrico etc. La globalità di questi prodotti gassosi può raggiungere il 5% dell'intera massa fusa.

La viscosità del magma è influenzata dalla presenza della silice perché ha la capacità di originare lunghe catene di polimeri (composti con peso molecolare multiplo rispetto a quelli di partenza). Di solito, un magma con basse percentuali di silice è alquanto fluido e libera agevolmente i suoi gas. Mentre un magma con notevoli percentuali di silice è più viscoso e quindi presenta un processo di degassamento turbolento, a volte esplosivo.

Siccome si attribuisce alla silice funzione acida, in contrapposizione a essa gli altri elementi, presenti nel magma in quantità dal 20% al 60%, sono pertanto denominati basi.

I magmi con basso contenuto di silice (meno del 52%) danno luogo a rocce che sono generalmente chiamate basiche (o iposiliciche). I basalti, fra le più diffuse rocce vulcaniche, sono ad esempio basici.

I magmi con alto contenuto di silice (più del 65%) producono le cosiddette rocce acide (o persiliciche).

Mentre i magmi con contenuto in silice tra il 52% e il 65% generano le cosiddette rocce intermedie (o mesosiliciche).

Le rocce basaltiche hanno un colore da grigio scuro a quasi nero, perché alla scarsa presenza di silice si associa una grande quantità di ferro che tende a renderle scure; invece le rocce persiliciche sono di un grigio più chiaro, dovuto a una minor presenza di ferro e quelle mesosiliciche sono contraddistinte da un grigio medio.

Fra i diversi metodi di classificazione delle rocce magmatiche c'è quello di tipo geologico, che le distingue in intrusive ed effusive.

2.2.1 Rocce intrusive (o massive di profondità)

Se ipotizziamo la presenza di una notevole massa fusa a rilevanti profondità (di solito non meno di 5 km): essa si raffredda molto lentamente, nel periodo di milioni di anni, per dispersione di calore attraverso le rocce incassanti (cattive conduttrici), mentre la pressione permane a lungo elevata, anche raggiungendo le migliaia di atmosfere. Essendo la silice molto viscosa, in siffatte situazioni il magma cristallizza in modo ideale, tanto più che sono presenti vapori e gas che aiutano a rendere migliore l'ambiente di cristallizzazione. Difatti si può presumere che un cristallo si formi nel seguente modo: gli elementi dotati di maggior energia di legame, a una certa temperatura, tendono a mettersi insieme convergendo in un punto definito, generando così un microcristallo. La crescita successiva è dovuta all'aggiunta, sulla sua superficie esterna, di ulteriori ioni; tale fenomeno è agevolato moltissimo dall'esistenza di gas e vapori, che influiscono sulla massa silicatica fusa riducendone la viscosità.

Le rocce intrusive hanno *strutture olocristalline*, perché le parti vetrose sono del tutto mancanti. L'ambiente nel quale si formano i primi cristalli, essendo in pratica isotropo e non turbato, favorisce uno sviluppo in cui assumono forme proprie, non essendo essi vincolati ad alcuna coercizione meccanica. Suddetti cristalli sono pertanto *idiomorfi*: presentano cioè regolari contorni poligonali. A temperature inferiori cristallizzano altri minerali, che nell'accrescimento sono limitati dalle strutture già formatesi in precedenza e dunque risultano privi di forme proprie (cristalli *alotriomorfi*). Infine se due serie diverse di cristalli si formano simultaneamente, si avrà prevalenza dell'uno sull'altro in zone differenti, con fenomeni di allotriomorfismo e idiomorfismo variamente combinati.

Si viene quindi a generare una *struttura granitoide*, cioè a cristalli di una certa dimensione e di natura diversa.

2.2.2 Rocce effusive (o vulcaniche)

In questo caso il magma perviene sulla superficie esterna della crosta terrestre che lo comprime, attraverso le fratture conseguenti ai movimenti della medesima o per la pressione interna dei gas.

La *crosta terrestre*, strato sottile ed eterogeneo, è la parte superiore della litosfera.

Il magma (lava) si estende in misura minore o maggiore secondo la

temperatura e la viscosità, ovviamente le lave iposiliciche sono più fluide che quelle persiliciche. Queste ultime avendo alte percentuali di silice sono più viscosi, tendono a intrappolare i loro gas e sono quindi caratterizzate da un processo di degassamento tumultuoso, a volte esplosivo, con lanci di scorie tutto intorno, accompagnati da colate che scorrono più lentamente.

Nello stesso tempo si liberano gas e vapori, cade la pressione a un'atmosfera e la temperatura scende repentinamente, giacché il calore s'irradia immediatamente nell'aria; pertanto le condizioni di cristallizzazione sono molto scadenti. Infatti, nelle situazioni peggiori, per viscosità notevole, contemporanea caduta di pressione e temperatura il magma vetrifica completamente dando origine alle ossidiane. In condizioni un po' migliori gli ioni del magma non hanno il tempo di disporsi in cristalli, ma danno origine a una pasta amorfa, come il vetro, nel quale possono formarsi piccoli cristalli talora incompleti (struttura vetrofirica). In circostanze più favorevoli la struttura è microcristallina. Mentre se il magma si è raffreddato un po' prima di uscire, perché la fuoriuscita è lenta (ad esempio per lo stringimento del camino), e la cristallizzazione è già iniziata, sono presenti nel fluido dei cristalli già formati. Questi sono denominati *fenocristalli*, perché appaiono più grandi degli altri e quindi ben distinguibili rispetto al resto della roccia; mentre la parte effusiva del magma costituirà, solidificando, una matrice (o massa fondamentale) di tipo vetroso, vetrofirico o microcristallino.

Siffatta *struttura* è denominata *porfirica*.

2.3. Rocce sedimentarie (o esogene)

Derivano dalla sedimentazione dei prodotti della degradazione (alterazione chimica e disgregazione fisica) di rocce preesistenti e anche da depositi di origine organica.

Le cause principali delle alterazioni e disgregazioni delle rocce eruttive, metamorfiche e sedimentarie sono le azioni combinate o isolate dei ghiacciai, delle acque correnti, dell'atmosfera, del mare, dei vulcani e degli organismi viventi (azione biologica).

Azione dei ghiacciai

L'exarazione è l'azione erosiva e abrasiva esercitata sulle rocce dai ghiacciai in movimento.

La modificazione (modellamento) delle superfici delle valli e i solchi segnati

nelle pareti vallive, dette strie glaciali, è dovuta appunto all'esarazione.

L'accumulo di materiali rocciosi staccatisi dalle pareti delle valli, trasportati e depositati dai ghiacciai ai loro margini o alla loro fronte, è detta morena.

L'azione dei ghiacciai ha un effetto duplice di demolizione e costruzione.

Azione delle acque correnti

L'azione erosiva delle acque piovane o torrentizie su rocce e terreni in pendio (dilavamento) trasportano di continuo i detriti di falda, ossia le rocce incoerenti originate dalle trasformazioni esogene, in cumuli non stratificati.

Gli spigoli vivi inizialmente presenti sui frammenti provenienti dalla disgregazione delle rocce (detriti di falda) sono successivamente arrotondati dall'azione dei torrenti e dei fiumi. Questi, con la loro energia di trascinamento, spostano a valle e verso il mare notevoli e crescenti quantità di materiale eroso, sempre più arrotondato. Quando la pendenza diminuisce e la velocità cala, l'energia si riduce, la corrente non è più in grado di portare tutto il carico solido e ne sedimenta una parte.

La sedimentazione è causata anche da altri fattori di natura organica o chimico-fisica.

Le stalagmiti, costituite dal deposito del calcare contenuto nell'acqua che gocciola dalle volte delle grotte carsiche e che evapora lentamente, sono concrezioni cristalline di calcite (minerale costituito da carbonato di calcio in cristalli romboedrici, biancastri) a forma di colonna o di cono che s'innalza dal pavimento delle grotte.

Il calcare si forma pure per la rapida evaporazione dell'acqua nelle cascate.

Anche le acque esercitano pertanto una duplice azione di demolizione e costruzione.

Azione dell'atmosfera

Gelo e disgelo, escursioni termiche e salinità marina sono i principali agenti fisici che disgregano le rocce. Mentre quelli meccanici di maggior rilievo sono la pioggia, il vento e la grandine. Ci sono poi gli agenti chimici e fisico-chimici come l'ossigeno e l'acqua, l'ossigeno, l'anidride carbonica e l'acqua e, negli ultimi decenni, l'inquinamento atmosferico che agisce ovunque mediante le precipitazioni acide, le sostanze inquinanti trasportate dai venti etc.

Azione del mare

La crescente abrasione, cioè la denudazione (erosione) e la disgregazione dei litorali rocciosi per effetto del moto ondoso delle acque marine, porta a un progressivo arretramento delle coste. Ne consegue che porzioni di coste rocciose crollano dando origine a depositi sul posto, oppure a distanza nel caso di materiale a grana fine come le sabbie. I ciottoli, costituenti i suddetti depositi, si presentano arrotondati, appiattiti e levigati dal moto ondoso.

Azione dei vulcani

Le rocce formate dall'accumulo e cementazione di materiale lavico fuoruscito dai vulcani, dette *piroclastiche*, si sono preferite classificare come sedimentarie, essendo originate da stratificazioni di sedimenti, anche se i trattatisti di solito non lo fanno.

Inizialmente incoerenti, gli accumuli piroclastici possono essere soggetti al deposito, negli spazi vuoti, di sostanze trascinate dall'acqua come carbonato di calcio e silice idrata (tufi calcarei e vulcanici, lapillo coerente, etc.) con conseguenti processi di cementazione.

Azione biologica

Anche gli esseri viventi (organismi vegetali e animali) svolgono una doppia azione: demolitrice e costruttiva.

L'*azione demolitrice biologica*, cioè degli organismi viventi, compiuta sia dai vegetali inferiori (licheni e muschi) che da quelli più evoluti è di tipo chimico, fisico e meccanico.

Mentre l'*azione costruttiva* si basa sostanzialmente sull'abilità che hanno certi tipi di microrganismi di depositare definite sostanze chimiche, portando a termine il processo della formazione di conchiglie e scheletri. Il loro disporsi a strati in rilevanti depositi dà inizio alle rocce sedimentarie di questo genere. Indirettamente e direttamente, una notevole quantità dei calcari che rappresentano il 5% delle rocce sedimentarie è stata prodotta dall'azione biologica.

Diagenesi dei sedimenti

Il complesso delle trasformazioni chimico-fisiche, attraverso cui sedimenti sciolti si costituiscono in masse rocciose compatte, denominasi *diagenesi*

(modifiche della struttura, della tessitura e della composizione chimica). Mediante la diagenesi dei sedimenti, i detriti di falda, o le morene, possono generare *rocce a tessitura brecciata* (frammenti di diversa natura conglomerati insieme); un deposito ghiaioso può dare origine alle puddinghe; rene silicee possono generare arenarie e sabbie calcaree a tufi contenenti carbonato di calcio (o calcari arenacei).

Rocce sedimentarie di origine chimica

La formazione di queste rocce (travertini, alabastri calcarei e gessosi) è dovuta alla deposizione di sali sciolti nelle acque; trovano impiego nelle pavimentazioni (travertini), nei pavimenti e rivestimenti.

I travertini sono formati da carbonato di calcio (CaCO_3) depositosi da acque calcaree durante la loro evaporazione.

Gli *alabastri calcarei* sono rocce formatesi per evaporazione di acque calcaree sulla superficie del suolo, o, più normalmente, in cavità sotterranee. Si formano così sulle pareti delle incrostazioni microcristalline che continuano a sovrapporsi, dalla volta si formano le stalattiti, mentre dal pavimento si alzano le coniche stalagmiti finché si uniscono insieme formando delle colonne; con il trascorrere del tempo, queste crescono in diametro e finiscono per unirsi assieme e con le pareti, la cavità, un po' alla volta, si riempie e si forma in tal modo un grosso blocco di alabastro.

Per ultimi, gli *alabastri gessosi* sono rocce formatesi per deposito chimico: costituite da solfato di calcio bi-idrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

2.4. Rocce metamorfiche

Sono rocce di origine eruttiva (magmatica) o sedimentaria che si sono profondamente trasformate, per la continua evoluzione della litosfera e quindi a causa dell'intervento di particolari fattori *fisico-chimici*, senza giungere malgrado ciò alla loro completa fusione: di solito, queste trasformazioni avvengono in solido.

Un processo del genere denominasi metamorfismo e le rocce che ne derivano, metamorfiche.

Spesso, le trasformazioni suddette sono di tale consistenza che la natura della roccia originaria è pressoché indistinguibile.

Frequentemente le mutazioni provocano la comparsa di minerali diversi, tipi nuovi di tessitura (in parte scistosa) e una spiccata forma cristallina, pure con

processi di ricristallizzazione e pertanto di neo-struttura.³

L'azione isolata o, più spesso, contemporanea di tipi diversi di fattori con predominio di uno sugli altri è la causa del metamorfismo.

Tali fattori sono di tipo *chimico*, *meccanico* e *termico*; gli sviluppi di natura chimica possono avvenire con sostanze già incorporate nelle rocce originarie o di nuovo apporto.

I motivi che portano le rocce sedimentarie (esogene) e magmatiche (endogene) a processi di metamorfismo sono collegati a specifici fenomeni geologici di natura diversa e quindi, in conformità a tali differenze, è possibile individuare tre tipi di metamorfismo: dinamico (o dinamo-metamorfismo), di contatto e di carico (o di profondità, o regionale).

Il *metamorfismo dinamico* compare nelle zone interessate da fenomeni orogenetici (generatori delle catene montuose).

Le notevoli pressioni, rivolte verso l'alto, che agiscono sulla crosta terrestre, origine del suo corrugamento, sottopongono a sollecitazioni le rocce eruttive e sedimentarie che così si trasformano adeguandosi al nuovo stato.

Al metamorfismo di questo tipo si deve il mutamento delle argille in ardesie (usate per tegole), di argille marnose in lavagne (ardesie), di calcari o dolomie in marmi, etc.⁴

Il *metamorfismo di contatto* è dovuto all'azione di nuove formazioni magmatiche in via di consolidamento e si manifesta su rocce incassanti che sono interessate da temperature di circa (400°-600°C) e pressioni che non superano i 2000 bar.

A questo tipo di trasformazione sono molto sensibili i calcari che, in relazione alla composizione e alla purezza, si modificano in marmi, in calciferi (che contengono calce) e in cipollini (Specie di marmo venato a più colori che si cava nelle montagne di Carrara e altrove, serve per pavimenti, colonne, etc.).

Il *metamorfismo di carico*, assai più importante del precedente, è provocato da temperature dai 400°-750°C, con pressioni molto elevate, dell'ordine di 6-7 kilo bar.

Il metamorfismo regionale è provocato da trasformazioni dovute agli effetti

3 Roccia scistosa: roccia metamorfica che contiene minerali lamellari o fibrosi disposti in piani paralleli e che perciò si sfalda facilmente.

4 Le marne sono rocce sedimentarie a grana fine formate da calcare e quarzo (biossido di silicio), usate per la preparazione di cementi e di calci idrauliche.

termici, chimici e di pressione, e non alle conseguenze di un magma, che si originano a profondità diverse nella crosta terrestre e si riscontrano, di solito, associate ai mutamenti dovuti ai movimenti della crosta medesima. Precisiamo che tale fenomeno ha luogo negli strati rocciosi profondi, e pertanto più vecchi, tramite l'azione di compressione derivante dagli aggregati minerali sovrastanti di formazione più recente.

In funzione alla profondità, e in rapporto alle diverse condizioni di pressione e temperatura, si distinguono tre zone metamorfiche:

- a) *cata-zona* (o zona inferiore) in cui la pressione è di tipo idrostatico e le temperature sono elevate (gneiss a mica bruna);
- b) *meso-zona* (o zona media) in cui le pressioni sono prevalentemente di tipo orientato e con temperature meno elevate delle precedenti;
- c) *epi-zona* (o zona superiore) in cui la pressione è quasi esclusivamente orientata e la temperatura è bassa.

3 CAPITOLO

METODI D'UTILIZZO DEI MATERIALI LAPIDEI NELLE PAVIMENTAZIONI

L'impiego della pietra nelle pavimentazioni ha ricoperto da sempre una funzione di rilievo artistico.

Negli ultimi tempi si è andata a poco a poco maturando la convinzione che le pietre e le tradizionali tecniche di posa in opera dovessero essere riutilizzate, sempre più, nei centri urbani, dove nella seconda metà del novecento ci fu un utilizzo indiscriminato del bitume, sia nei percorsi pedonali sia in quelli carrabili antichi e moderni.

Il mercato attuale ci offre anche lavorazioni innovative e nuovi tipi di messa in opera degli elementi lapidei.

Di vario genere sono i lito-tipi utilizzati, secondo le zone di provenienza. Ciottoli di cava, fiume o mare sono tuttora usati per realizzare pavimentazioni a mosaico.

In linea di massima i materiali maggiormente adoperati sono i *porfidi*, il *basalto*, i *graniti* e i *lito-tipi affini*, i *calcari compatti*, i *marmi*, le *arenarie* e le *pietre*.

E' importante ricordare che le pavimentazioni lapidee hanno il pregio, in alcuni casi, di ridurre o eliminare l'impermeabilizzazione del territorio, specialmente cittadino. Pertanto il loro impiego porta benefici alla vegetazione urbana e al microclima.

3.1. L'utilizzo della pietra locale

La cultura e la sensibilità di un determinato popolo sono condizionate dalla sostanza grezza (oggetto di lavorazione) dominante un luogo, anche se sono questi abitanti, con la loro evoluzione, che mirano a scegliere tra le materie utilizzabili quelle che più li rappresentano.

Una forte tradizione, unita a fattori tecnici, economici e culturali, ha portato nel passato a un utilizzo pressoché totale dei materiali in sito per la costruzione dei villaggi e delle borgate.

Nel prendere in esame i centri urbani maggiori o addirittura quelli di grande importanza, i precedenti fattori divengono più complessi, specialmente per opera degli aspetti artistici ed economici; trattasi di una complessità resa materiale e in equilibrio instabile.

La disamina di tali equilibri dell'ambiente prodotti dall'opera umana, dalle configurazioni di tempo addietro a quelle recenti, spinge a considerare con attenzione la gravosa e mutevole attività nella quale le differenti generazioni si sono prodigate nel mutamento della natura selvaggia.

La ricerca delle pietre nelle zone limitrofe a quella di utilizzo è sempre stata una necessità dovuta a esigenze economiche oltre che tecniche, a volte pure a discapito del loro pregio. Ciò specialmente quando sono richieste quantità notevoli di lito-tipi da utilizzare nelle costruzioni di pavimentazioni o murature.

Mentre per decorazioni o porzioni specializzate di muratura il luogo di reperimento del materiale poteva trovarsi anche a distanze notevoli dal sito di utilizzo, tenendo però sempre nella dovuta considerazione i costi economici.

Un tempo le cave dell'Istria e di Carrara erano sfruttate parecchio per la loro vicinanza al mare, oltre che per le specifiche qualità dei loro materiali. Invece altre cave erano attive perché limitrofe ai fiumi, essendo nel passato le vie terrestri alquanto inadeguate.

Per lo stesso motivo, centri urbani o altri luoghi d'arrivo, serviti da vie navigabili, erano favoriti per la movimentazione e il trasporto delle materie.

In definitiva possiamo sostenere che ciascuna città ha mantenuto, fino al diciannovesimo secolo, una propria e ben determinata caratteristica petrografica e figurativa, conseguente anche ai procedimenti seguiti nell'esecuzione del lavoro che il materiale lapideo esigeva.

Fino allora ogni trasformazione era avvenuta in maniera graduale e pertanto assimilabile mediante la sedimentazione storica.

Tra i materiali lapidei della tradizione rammentiamo l'enorme diffusione dei graniti e degli gneiss, nell'Italia settentrionale.

A Venezia e nel Veneto i manti delle piazze e delle strade sono stati per lo più costruiti con gli elementi ottenuti dalla Trachite Masegna dei Colli Euganei, in provincia di Padova, e dalla pietra d'Istria. Questa roccia calcarea resiste molto bene alla salsedine marina, per tale motivo è stata utilizzata parecchio nella città lagunare.

Mentre in quella scaligera alcuni lastricati sono stati eseguiti con il Rosso di Verona, ma più di tutto con i calcari veronesi che contraddistinguono pure i marciapiedi di centri urbani come Bologna e Pesaro.

A Trieste come in Liguria è stata invece molto utilizzata l'arenaria.

Per i percorsi pedonali, a Torino e nel Piemonte, sono state utilizzate la Pietra di Luserna, scavata nel territorio cuneese e torinese, e la Sienite di Balma, prodotta nella provincia vicentina.

Invece nella Pianura Padana e in Lombardia sono stati impiegati il Granito del Sempione, estratto dalle cave del novarese e il Granito di San Fedelino, prodotto nelle vicinanze del lago di Como. E' pure presente, con una certa frequenza, nel capoluogo Lombardo il Porfido di Cuasso al Monte, estratto in provincia di Varese.

In molte città emiliane, in Toscana e nel suo capoluogo si fanno largo uso delle arenarie come la Pietraforte, scavata nel territorio fiorentino, e il meno tenace Macigno, a cemento calcareo, estratto di solito sull'Appennino centrale.

Nei comuni abruzzesi, umbri e laziali molte pavimentazioni sono state fatte utilizzando dei calcari compatti. Mentre nell'Italia centrale, ovunque, ci sono pavimentazioni a elementi in granito proveniente dalla Sardegna o dall'Isola d'Elba.

Nella città eterna, il selciato costituito da elementi in basalto proveniente quasi esclusivamente dai Colli Albani è stato introdotto dal Settecento.

Nel capoluogo campano le pavimentazioni del lontano passato erano costruite con il Piperno, una roccia vulcanica di colore cenerino (trachite grigia) prodotta nella zona dei Campi Flegrei.

Mentre solo dopo il 1631 si è iniziato l'impiego della Pietrarsa, una roccia ottenuta dal raffreddamento della lava fuoriuscita dal cratere del Vesuvio, giunta fino al mare.

Anche la lava dell'Etna è stata molto utilizzata, specialmente da quella miriade di comuni che si trovano alle pendici del vulcano siciliano.

Fin dall'Ottocento, con uso generalizzato, il porfido è presente ovunque in Italia; anche se la diffusione, vera e propria, è avvenuta alla fine del secondo decennio del Novecento, con la produzione su larga scala di cubetti per l'esecuzione dei selciati.

Ancor prima, già nel Settecento, si era diffuso l'utilizzo dei ciottoli di cava, fiume e mare per l'esecuzione degli acciottolati, le cui forme e qualità lapidee dipendevano ovviamente dalla zona di rinvenimento.

Nella *tab. 1.* sono indicati gli elementi lapidei utilizzati nelle pavimentazioni della tradizione, in alcune città italiane ed europee.

Città (o Regione)	Dimensioni in cm			Denominazione	Lito-tipo	Osservazioni
	Larghezza	Lunghezza	Altezza			
Liguria	25÷32	70÷120	16÷18	Tacchi	Arenaria	Cave di Taggia, S. Remo. Cave di Spezia
Torino	25÷46	50÷100	16÷18	Prismi	Sieniti	Cave di Biella
Milano (cfr. fig.29 cap. 3)	32÷40	48÷80	15÷16 15÷18	Masselli Lastre	Granito Porfido	Posati/e su sabbia
Trieste	30÷50	30÷130	16÷20	Basoli	Arenaria	
Firenze	25÷55	35÷65	13÷20	Lastrico	Arenaria	Del tipo Macigno e Pietraforte. Posati in malta o su sabbia
Roma	9,5÷13 10÷12 22÷25	9,5÷13 10÷12 22÷25	17÷19 17÷19 13÷20	Quadrucci Selci Guide	Basaltica Leucitica Leucitica	Posati su sabbia
Napoli e Palermo	30÷70	40÷70	14÷22	Basoli	Lava	
Berlino	17÷28 8÷16	17÷20 12÷25	17÷20 13÷21	Pflaster- Stein	Basalto Porfido	Posati su calce. Posati anche su ghiaia
Monaco	18÷20	18÷27	20	Pflaster- Stein	Granito	Posati su sabbia
Vienna	18	18÷20	18	Pflaster- Stein	Granito	Posati su calce
Londra	7,5	18	15÷25	Stone-Sets	Granito	Posati su calce
Parigi	10÷14 10	16÷20 12	16÷20 12	Pavè Pavè	Granito Porfido	Traffico medio Traffico leggero

Tab. 1 – Elementi che, secondo la tradizione, sono utilizzati nelle pavimentazioni lapidee.

3.2. Porfidi

I porfidi sono rocce eruttive effusive (o vulcaniche) che possono avere una composizione mineralogica svariatissima. La loro struttura porfirica è contraddistinta da cristalli voluminosi immersi in una massa di fondo di tipo vetroso, vetrofirico o microcristallino, generatisi da una solidificazione del magma in tempi diversi. In genere queste rocce sono povere di magnesio, calcio e ferro, ma ricche di silice (oltre il 70%) e quindi presentano un'elevata resistenza agli agenti esterni, in particolare alle alte temperature. Il porfido deriva da colate laviche acide che si solidificano in superficie. Il cambiamento di stato determina la contrazione del materiale, che si fessura secondo un reticolato a maglie quadrate. Percuotendo l'affioramento di porfido, molto spesso si rompe in cubetti seguendo la trama delle fratture: questi sono utilizzati per costruire le pavimentazioni a elementi.

Tra i più importanti citiamo il porfido quarzifero paleovulcanico, cioè di antica formazione; ha composizione simile a quella del granito e colore variabile, spesso bruno-rossastro o bruno fegato o verdastro, picchiettato di chiaro. E' una roccia durissima, molto resistente all'usura, alla compressione (circa 2000 da N/cm²) e poco o nulla alterabile; come già detto, per la facilità di essere spaccato secondo piani ortogonali si riduce facilmente in cubetti.

La *faccia in vista* dei porfidi permane *ruvida* e *antisdrucchiolevole* anche quando piove. Infatti, la pavimentazione, essendo soggetta ad attrito, logora i vari elementi in modo differente perché contraddistinti da una diversa durezza. In genere i colori variano dal verde, al grigio, al rosso fegato (all'incirca chiaro); sempre comunque con picchiettatura grigiastrea, rosa o bianca.

In Italia vi sono grandi cave di porfido: notevoli quantità sono prodotte soprattutto nel Trentino-Alto Adige (95% del totale) e in provincia di Brescia; è il materiale lapideo *più utilizzato nelle pavimentazioni*.

Fin dal diciannovesimo secolo, i porfidi rappresentano un elemento dello scenario urbano. Da parecchi decenni sono lavorati in elementi di dimensioni e forme normalizzate.

Generalmente, oggi, sono prodotti i pezzi riportati nella *fig. 1* e in *tab. 2*, ove vengono poste in rilievo le loro caratteristiche dimensionali e di peso.

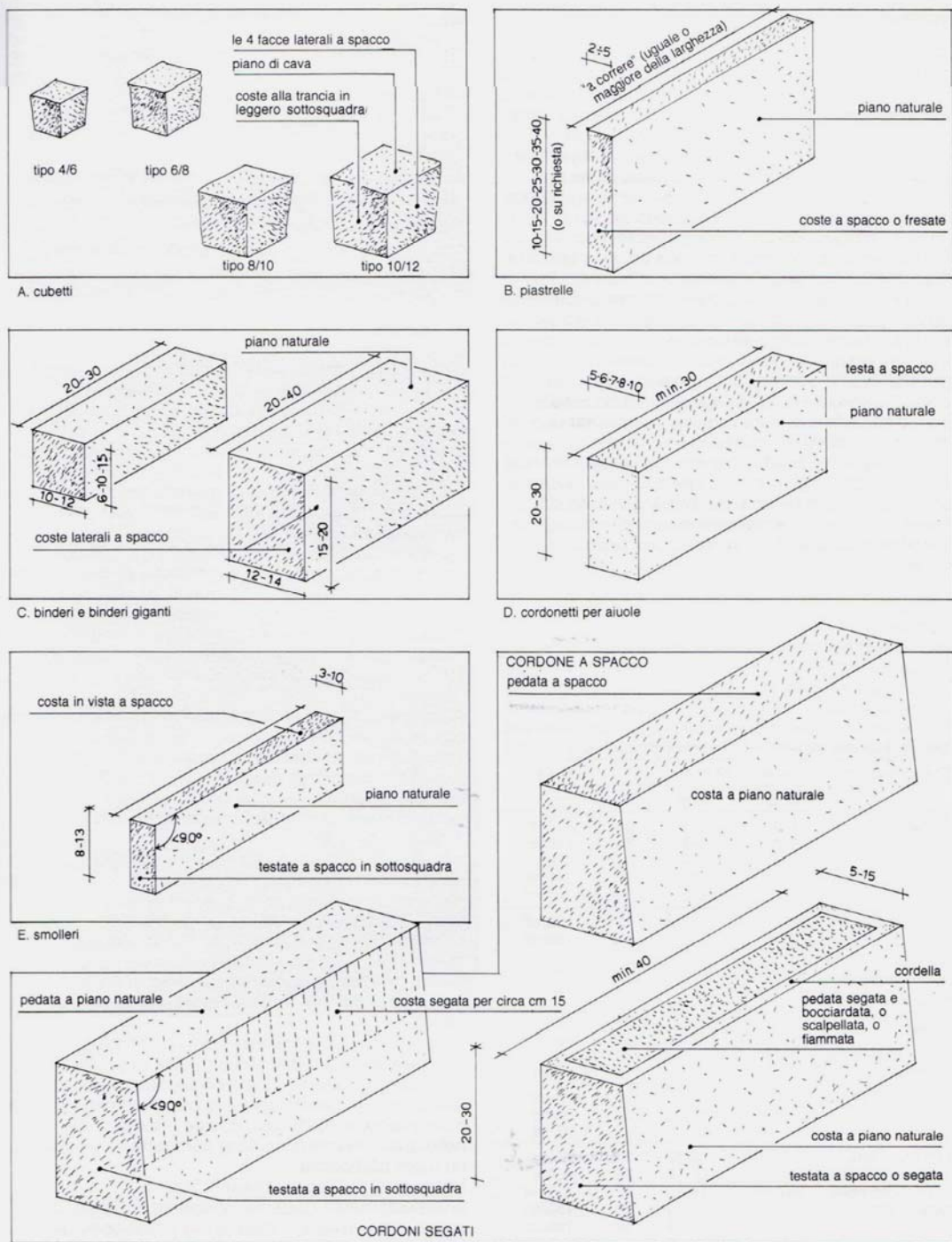


Fig. 1 – Elementi in porfido di attuale produzione (sono rappresentati nella stessa scala).

Tipo di elemento	Dimensione in cm			Peso
	Lunghezza	Larghezza	Altezza	
Cubetti (1)	4÷6	4÷6	6	105 kg/mq
Cubetti (2)	6÷8	6÷8	8	135 kg/mq
Cubetti (3)	8÷10	8÷10	10	190 kg/mq
Cubetti (4)	10÷12	10÷12	12	250 kg/mq
Piastrelle a spacco regolari (5)	A correre	10 15 20 30 35 40	2-5	100 kg/mq
Lastre irregolari (6)	Diag. med.: (normali)	25-30	1-2-5	80-100 kg/mq
	Diag. med.: (giganti)	40-50	3-7	
Binderi (7)	20-30	10	6-10	22 kg/ml
		12	10-15	32 kg/ml
Binderi giganti	20-40	12 14	15-20	55 kg/ml
Cordoni segati (8)	Min 40	5	20-25	25 kg/ml
		7		40 kg/ml
		8		45 kg/ml
		10		65 kg/ml
		12		85 kg/ml
		15		110 kg/ml
Cordoni a spacco	Min 40	5	20-30	25 kg/ml
		7		40 kg/ml
		8		45 kg/ml
		10		65 kg/ml
		12		85 kg/ml
		15		110 kg/ml
Cordonetti per aiuole	Min 30	5-6	20-30	25 kg/ml
		7-8		35 kg/ml
		10		65 kg/ml
Smolleri (9)	A correre	8-13	3-10	180-220 kg/mq

Tab. 2 – Elementi di porfido in corso di produzione.

1. Per pavimentazioni a traffico pedonale.
2. Per pavimentazioni a traffico misto (pedonale e veicolare).
3. Per pavimentazioni a traffico di forte intensità.
4. Per pavimentazioni a traffico di forte intensità anche con mezzi pesanti e per uso industriale.

5. Impiegate soprattutto in pavimentazioni per centri antichi.
6. O a opera incerta, in vari tipi (sottile, normale, gigante) in rapporto alle dimensioni che possono variare secondo la diagonale media.
7. Per contenimento e delimitazione delle pavimentazioni.
8. Per formazione di marciapiedi.
9. Possono essere impiegati di piatto come rivestimento di superfici verticali, oppure di costa, soprattutto per pavimentazioni in forte pendenza.

3.3. Graniti

I graniti sono rocce eruttive ma intrusive (o massive di profondità) e affiorano su una parte consistente della crosta terrestre. La loro *struttura granitoide*, ossia caratterizzata da cristalli di grandi dimensioni di diversa natura, è originata da una lenta solidificazione del magma. Quarzo, mica e ortoclasio sono i principali componenti di queste rocce acide.

Il *quarzo* è un minerale costituito da biossido di silicio, molto diffuso nelle rocce; si presenta in grossi cristalli trasparenti, incolori se puri, oppure variamente colorati.

La *mica* è la denominazione generica di un gruppo di minerali, elementi essenziali di molte rocce eruttive, metamorfiche e sedimentarie, costituiti da silicati di alluminio e metalli alcalini (spiccato carattere metallico e molto elettropositivi), spesso magnesio e ferro, caratterizzati da facilissima sfaldatura in sottili lamine flessibili.

L'*ortoclasio* è un silicato di alluminio e potassio bianco o rosato, elemento essenziale di molte rocce; si sfalda secondo due piani ortogonali.⁵

E' di granito il massiccio del Monte Rosa, del Monte Bianco, del Gran Paradiso, una vasta zona del nord Sardegna e del Gennargentu, l'Aspromonte e la Sila. Come si vedono i graniti sono rocce molto comuni, in particolare sulle Alpi sono presenti in provincia di Novara e di Aosta, mentre in Toscana si trovano in provincia di Grosseto e nel suo arcipelago (isola d'Elba e del Giglio).

I colori tipici delle rocce granitiche variano dal rosa, al violaceo, al rosso, al brizzolato grigio (chiaro o scuro).

I graniti, se sani, sono duri, compatti, resistenti all'usura e agli agenti meteorologici e hanno carico di rottura di circa 2000 da N/cm²; sono molto usati come materiali per *bordi di marciapiedi* e *squadri greggi*, risultano

⁵ Per silicato s'intende un gruppo di minerali cristallini che sono gli elementi essenziali di quasi tutte le rocce eruttive e di gran parte delle rocce sedimentarie e metamorfiche.

ottimi per pavimentazioni. Pertanto, analogamente ai porfidi, anche i graniti sono contraddistinti da una *superficie scabra* e da un elevato contenuto di quarzo che attribuisce loro un'alta resistenza agli agenti atmosferici.

In Francia e in Germania i graniti sono parecchio utilizzati nelle pavimentazioni e lavorati in cubetti (fino a un lato massimo di 20 cm) a superficie ruvida (bocciardata o fiammata).

Mentre da noi, in Italia, sono spesso impiegati nelle sovrastrutture in *piastrelle*, ove tali elementi sono collocati in opera in corsi paralleli e la loro superficie di marcia lavorata in vari modi (martellinata, bocciardata, a piano di sega, etc.).

Gli elementi ora prodotti, con le rispettive caratteristiche dimensionali e di peso, sono riportati nella seguente *tab. 3*; teniamo presente che essi sono utilizzati nei modi descritti a proposito dei porfidi.

Tipo di elemento	Dimensione in cm			Peso
	Lunghezza	Larghezza	Altezza	
Cubetti	4÷6	4÷6	6	110 kg/mq
	6÷8	6÷8	8	140 kg/mq
	7÷9	7÷9	9	180 kg/mq
	10	10	10	240 kg/mq
	10	10	5-6	120 kg/mq
Cubetti grandi	15	15	5-8	180 kg/mq
	20	20	5-8	185 kg/mq
Piastrelle (con superficie variamente lav.ta)	A correre	20	5-8	185 kg/mq
		30		
Binderi	10	10	20	30 kg/ml
	15	15	30	60 kg/ml
Cordoni rettificati alla punta	Min. 40	8	20-22	45 kg/ml
		10	25-28	70 kg/ml
		12	25-28	83 kg/ml
		15	25-28	95 kg/ml
Cordoni con una costa inclinata e bocciardati nelle parti in vista	Min 40	10-12	20	65 kg/ml
		12-15	25	90 kg/ml
		14-17	28	115 kg/ml
		17-20	30	150 kg/ml
		21-24	30	180 kg/ml
Cordoni con testa e costa in vista bocciardate	Min 40	10	20	65 kg/ml
		12	25	85 kg/ml
		15	25	100 kg/ml
		20	30	150 kg/ml

Tab. 3 – Elementi di granito in corso di produzione.

3.4. Marmi

Dal punto di vista commerciale si definiscono "marmi" le *rocce cristalline, compatte, lucidabili, da costruzione e da decorazione*, per lo più costituite da minerali di *durezza Mohs*⁶ dell'ordine da 3 a 4, quali dolomite (minerale costituito da carbonato di calcio e magnesio in cristalli biancastri), serpentino (formato invece da silicato di magnesio, di colore per lo più verde, con struttura lamellare o fibrosa) e calcite (UNI 8458).

A questa classe fanno parte:

- 1) i *marmi propriamente detti* (calcari metamorfici ricristallizzati), i *cipollini* (marmi bianchi-grigiastri con venature di mica grigia o verde) e i *calciferi*;
- 2) gli *alabastrici calcarei* (vedere stalattiti);
- 3) le *dolomie*, le *brecce calcaree* lucidabili (sono entrambe rocce sedimentarie: le prime costituite da carbonato di calcio e magnesio, le seconde formate da frammenti di pietre diverse conglomerate insieme) e i *calcari*;
- 4) le *serpentine* (sono rocce metamorfiche, solitamente a struttura compatta e di colore verde, costituite principalmente da serpentino);
- 5) le *oficalciti* (serpentino).

Le specifiche qualità di resistenza agli agenti esterni si differenziano molto dall'una all'altra roccia.

Assai utilizzato nelle pavimentazioni è il marmo Bianco di Carrara che presenta valori di resistenza alla compressione anche superiori ai 1300 da N/cm².

Notiamo che tra i principali fattori esterni che, influenzano la resistenza, c'è la *percentuale di umidità*; infatti, le prove di laboratorio sono fatte su provini del medesimo materiale, asciutti e imbibiti d'acqua (R.D. 2232/1939, art. 10).

Dobbiamo però tener presente che le superfici in vista delle pavimentazioni continue in marmo tendono a logorarsi in modo uniforme, anche se opportunamente lavorate (micro rugosità), a causa del passaggio dei pedoni o

⁶ *Scala di Mohs. Durezza*: è la resistenza che un corpo oppone alla scalfittura (proprietà fisica dipendente dalla coesione). La durezza dei minerali è riferita generalmente a quella di una serie di dieci minerali scelti in modo opportuno e ordinati secondo la durezza crescente (scala di Mohs). Tali minerali sono: 1) il *talco*, 2) il *gesso*, 3) la *calcite*, 4) la *fluorite*, 5) l'*apatite*, 6) l'*ortoclasio*, 7) il *quarzo*, 8) il *topazio*, 9) il *corindone*, 10) il *diamante*. Un minerale ha, ad esempio, la durezza *due*, se scalfisce con un suo vertice o spigolo il gesso e se è da questo scalfito. Ha invece durezza fra *due* e *tre*, se scalfisce il gesso ed è scalfito dalla calcite.

I minerali di durezza 1 e 2 sono detti *teneri*, quelli di durezza 3, 4 e 5 si dicono di *media durezza e duri* i rimanenti.

dei veicoli. Oltre ai danni estetici compaiono anche quelli funzionali, perché i percorsi divengono più pericolosi. La scivolosità delle pavimentazioni può provocare ad esempio la caduta di persone o la perdita di stabilità dei veicoli, specialmente in frenata.

Ne consegue che si devono evitare i lastricati, specialmente se gli elementi sono di grandi dimensioni.

Mentre i cubetti di marmo di piccole dimensioni, che si trovano di solito in produzione nei tipi 4-6 e 6-8, se sono inseriti in pavimentazioni costruite in porfido, granito etc., concorrono a migliorare l'effetto estetico oltre che funzionale nel settore della segnaletica orizzontale (*fig. 2*).

Ci sono pure parecchi calcari compatti che presentano una resistenza notevole agli agenti esterni, specialmente di natura meccanica. Ad esempio, il Rosso di Verona ha una resistenza alla compressione a volte maggiore di 1600 da N/cm². Le piazze e le vie della città scaligera sono pavimentate con tale roccia; le irregolarità degli elementi e la macro rugosità forniscono l'aderenza necessaria al transito di pedoni, veicoli e animali.

Teniamo presente che il valore estetico di tante città italiane si è storicamente basato sulle diversità delle pietre locali utilizzate e alle rispettive lavorazioni. In tal senso le pavimentazioni conservano tuttora, in parecchi casi, queste differenze di notevole pregio, nelle quali i calcari compatti e i marmi hanno manifestato un ruolo specifico.

Ricerche accurate, incluse prove di laboratorio, devono essere fatte nell'eventuale utilizzo di marmi a struttura per lo più calcarea, in modo particolare se utilizzati per grandi estensioni, per saggiare le loro modifiche all'insieme delle condizioni atmosferiche (temperatura, umidità, pressione e venti) del luogo e alle azioni di degrado chimico dovuto all'inquinamento dell'aria.



Fig. 2a – Caén (Francia).



Fig. 2b – Geometria di posa “ad asso di quadri”. Sulmona (AQ).

Fig. 2 – Cubetti bianchi di marmo o pietra introdotti in sovrastrutture di colore e tipo diverso per segnaletica a raso o effetto esornativo.

3.5. Travertino

E' una roccia sedimentaria formatasi per evaporazione di acque fortemente calcaree (ricche di carbonato di calcio) correnti alla superficie del suolo, in modo che il travertino molto spesso ingloba foglie, frammenti di rami o radici, muschi etc.: di struttura porosa, duro, leggero, resistente alle intemperie e si taglia con facilità in lastre. Calcare dai classici colori giallo chiaro (paglierino), bianco e grigio; oggi ci sono pure in produzione travertini di colore scuro, come ad esempio il Noce (marrone) che usato in combinazione con altri elementi in travertino di diversa qualità, o in differenti tipi di pietra, danno composizioni esteticamente apprezzabili.

Il travertino è poco adatto a essere usato nelle costruzioni di pavimentazioni pedonali e carrabili, specialmente se di grande traffico, perché offre poca resistenza all'usura, tendendo quindi a consumarsi in modo uniforme e divenire lucido.

E' invece assai adoperato per realizzare *stangoni* per aiuole, *cordonate* per marciapiedi, *piastrelle* e *lastre* per pavimentazioni pedonali.

Per un'aderenza maggiore e un miglior aspetto nelle strutture esterne destinate alla circolazione dei pedoni, degli animali e dei veicoli, i vari elementi devono volgere la superficie vacuolare agli utenti.

Il travertino è stato ed è utilizzato nelle pavimentazioni, specialmente in abbinamento con altre pietre come ad esempio la *selce* (roccia sedimentaria formata da microcristalli di biossido di silicio, generalmente molto dura).

3.6. Pietre

Dal punto di vista commerciale sono definite "*pietre*" le *rocce da costruzione e/o da decorazione, non lucidabili* (UNI 8458).

Ogni roccia di questo insieme, pur presentando composizioni mineralogiche molto varie, è riconducibile a uno dei due successivi gruppi:

- 1) *rocce tenere*: numerose sedimentarie (calcarei arenacei, arenarie) e diverse piroclastiche (peperini);
- 2) *rocce dure*: alcune vulcaniti (trachiti, basalti etc.) e pietre a spacco naturale (gneiss tabulari, micascisti, ardesie, quarziti).

Le *Arenarie* sono rocce sedimentarie costituite da grani di sabbia cementati da

un legante che può essere argilloso, siliceo, calcareo etc. Secondo la qualità del cemento e dei minerali che le costituiscono, variano di compattezza e resistenza: possono essere caratterizzate da notevole durezza o sgretolabilità. Le arenarie, anche se di qualità molto resistente, si usano nelle pavimentazioni solo se l'insieme delle condizioni atmosferiche (temperatura, venti, pressione, umidità) rimane favorevole nel tempo.

Nelle pavimentazioni italiane si utilizzano sia le *arenarie* sia *altri tipi simili di pietre*, come ad esempio le *breccie a cemento arenaceo* e i *calcarei arenacei*.⁷

Tra esse ricordiamo:

1) il *Macigno* si estrae dalle cave dell'Appennino toscano ed è una pietra arenaria silicea a cemento calcareo, di colore grigio-giallastro, a grana fine e media, molto dura;

2) la *Pietra Serena* è un tipo di macigno a grana assai fine, di colore grigio-azzurrognolo, è estratta in Toscana ed è alquanto geliva;

3) la *Pietra di Finale* è un calcare arenaceo molto ricco di fossili (sostanze di origine organica pietrificate): offre una discreta resistenza alle sollecitazioni meccaniche e agli agenti atmosferici. È estratto in provincia di Savona (Liguria) e presenta un colore globale arancione, rossastro, o grigiastro (grigio sporco);

4) la *Pietraforte* è un'arenaria a grana fine, a cemento calcedonioso (specie di quarzo) e pertanto di valide caratteristiche tecniche, di colore bruno-giallastro, estratta in provincia di Firenze;

5) il *Ceppo del lago d'Iseo o di Gre* è una breccia a cemento arenaceo di natura calcarea, con superficie contraddistinta da innumerevoli vuoti; è scavata sulla riva occidentale del lago d'Iseo (BG). Gli elementi presentano svariate sfumature di colore, dal biancastro al grigio scuro, e sono uniti da una pasta grigio-chiara.

Tra le rocce formate dall'accumulo e cementazione di materiali proiettati da vulcani (rocce piroclastiche), e che si possono utilizzare nelle pavimentazioni, rammentiamo il *Peperino Grigio*: nome dovuto alla presenza, nella massa di fondo, di piccole particelle più scure e più chiare, simili a granelli di pepe. Presenta struttura granulare ed è di colore grigio o grigio-verdastro con elementi di natura varia, pure bianchi e neri; è estratto nell'area dei vulcani del Lazio. Analogo al precedente è il *Peperino Rosato*, contraddistinto però da picchiettature aranciate, rosate, gialle e fondo a sfumature bruno-rossastro.

⁷ Notiamo che la *breccia* è una roccia sedimentaria costituita da frammenti, di diversa natura, conglomerati insieme; mentre l'*arenaceo* è una roccia formata da grani di sabbia agglomerati da un legante.

Essendo poco resistente alle sollecitazioni meccaniche e agli agenti fisico-chimici, principalmente al gelo, il Peperino non può essere impiegato nelle sovrastrutture carreggiabili, in modo particolare se di traffico caotico.

Ci sono altri tipi di rocce come le *Quarziti* e le *Ardesie* che pur presentando notevole resistenza meccanica e agli agenti fisico-chimici non sono adatte a essere usate nelle pavimentazioni perché le superfici di marcia sono troppo scivolose per l'alto contenuto di quarzo (biossido di silicio in grossi cristalli).

Le *Ardesie* sono scisti argillosi di colore grigio-nerastro che si sfaldano in lastre sottili e si estraggono dalle cave dell'Appennino Ligure (GE).

Precisiamo che lo *scisto* (o schisto) è una roccia metamorfica che contiene minerali lamellari o fibrosi disposti in piani paralleli e che perciò si sfalda facilmente; mentre l'*argilla* è una roccia sedimentaria formata dal consolidamento di fanghiglie marine o lacustri, facilmente plasmabile.

Le *Quarziti* sono rocce metamorfiche, di natura scistosa, dura, compatta e costituite essenzialmente da quarzo. A tal proposito citiamo quella di Barge o Bargiolina, il cui luogo di escavazione si trova in provincia di Cuneo.

Gli *gneiss* sono rocce metamorfiche, resistenti al logorio, costituite, come i graniti, di ortosio, quarzo e mica. Le *beole* (giallognole, brune, rossastre, grigie o bianche), appartengono agli *gneiss* tabulari, sono contraddistinte da una tessitura molto piccola e da una spiccata scistosità, che consente di ottenere lastre grandi e sottili da impiegare nei marciapiedi giacché non devono sopportare forti carichi. Il termine *beola* deriva dall'omonimo paese della val d'Ossola (NO), ricca di cave di *gneiss*.

Fra le rocce effusive (vulcaniti) teniamo a mente i *basalti* e le *trachiti*.⁸ La basaltina (o lava basaltina) o *selce* è stata utilizzata dall'età antica per pavimentare le vie consolari romane. Al presente è usata in piccoli elementi (a tronco di piramide) e in lastre. Giacimenti di tali rocce si trovano nel Lazio, in provincia di Viterbo.

Le *trachiti* sono rocce vulcaniche, di composizione analoga a quella delle sieniti, aventi struttura di tipo porfirico. Sono dure e resistenti, presentano inoltre una notevole ruvidezza al tatto dovuta ai piccoli spazi vuoti in esse presenti; per le loro caratteristiche sono molto utilizzate nelle pavimentazioni.

A tal proposito ricordiamo la *Trachite Masegna* e la *Giallo Venata*, i cui luoghi di escavazione si trovano in provincia di Padova. La prima è di colore grigio; la seconda è una varietà della precedente: presenta un fondo grigio tendente leggermente al viola, venature sinuose, parallele e ramificate di colore bruno-

⁸ I *basalti* sono fortemente basici (poveri di silicio), duri, resistenti, molto pesanti e a struttura porfirica, con fondo nel complesso grigio scuro e con picchiettatura di colore quasi bianco.

rossastro etc.

3.7. Impasto d'inerti legati da cemento

Per realizzare l'acciottolato si richiede l'utilizzo di manodopera specializzata, non sempre facilmente reperibile e piuttosto costosa, per essere certi di una meticolosa messa in opera.

Cosicché qualcuno ha pensato di produrre industrialmente elementi di dimensioni normalizzate, con le superfici di marcia eseguite con le scaglie di pietre varie poste dentro uno strato di cemento, oppure in modo analogo utilizzando ghiaia di fiume.

Gli elementi sono fatti con impasti d'inerti e cementi ad alta resistenza; nel corso della lavorazione sono sottoposti, tramite opportune presse, a compressione e vibrazione e a susseguente lavaggio della superficie di usura (fig. 3).



Fig. 3 – Elementi eseguiti con cemento e inerti naturali, posizionati attorno a un'area a ghiaia permeabile per permettere la sopravvivenza dell'albero.

Gli inerti utilizzabili possono essere costituiti da frantumi di marmi colorati, a

spigoli vivi o smussati, e graniti, oppure da ghiaino, bianco o colorato, a grana sottile (3-8 mm) o grossa (11-15 mm ed anche fino a 25 mm).

Gli elementi impiegati maggiormente sono quadrati (lato 30, 40 o 50 cm), tuttavia in commercio si trovano anche quelli rettangolari (in particolare 40x60 cm). Mentre i loro spessori possono variare dai 3,5 ai 6 cm, in relazione alle sollecitazioni previste.

A volte, per incrementare la resistenza alla flessione, nelle lastre s'inserisce un'armatura statica diagonale.

La posa in opera degli elementi si differenzia a seconda che si tratti di pavimentazioni pedonali, o carrabili.

Nel primo caso essi sono collocati a secco su uno strato costituito da sabbia di origine fluviale e poi sigillati con rena di grana sottile.

Mentre nel secondo caso è indispensabile posare gli elementi su un adeguato sottofondo in calcestruzzo magro tramite malta cementizia, per proseguire poi alla sigillatura dei giunti nel modo esposto in precedenza.

3.8. Materiali ricomposti

Da circa una cinquantina d'anni sono prodotti speciali impasti di frantumi di lito-tipi e cementi ad alta resistenza. Le dimensioni degli inerti, la dosatura e altri dettagli della procedura di realizzazione devono essere verificati affinché il manufatto presenti le stesse peculiarità della roccia originale.

In questo modo si possono rifare graniti e porfidi, spesso modificati nei colori; gli elementi così ottenuti possono anche riportare figure e sfondi particolari.

Per quanto concerne la posa, la procedura è analoga a quella degli elementi attuati in pietra naturale.

Nell'eventualità che sia previsto un notevole flusso veicolare, per una data pavimentazione carrabile, gli elementi possono contenere anche un'armatura.

Come nel caso delle pietre di derivazione le superfici in vista dei materiali ricomposti possono essere lavorate con una martellina, allo scopo di creare una superficie rugosa (martellinatura).

La resistenza dei materiali ricomposti agli agenti esogeni (atmosferici) è pari a quella delle pietre di provenienza, mentre la loro deteriorabilità è invece notevole quando vengono a contatto con sostanze chimiche corrosive. Questo inconveniente va perciò tenuto presente quando, in fase di progettazione, si deve scegliere il materiale pavimentale.

Le dimensioni degli elementi (tavelloni) più facilmente reperibili in commercio sono cm 40x40x3,5.

4 CAPITOLO

PAVIMENTAZIONI AD ELEMENTI TRADIZIONALI

Generalità

Grazie ai finanziamenti dell'Unione europea, già da alcuni anni le varie amministrazioni comunali stanno gradualmente impegnandosi nel recupero, nella manutenzione e nella valorizzazione di ciò che rimane delle pavimentazioni lapidee storiche nei centri urbani.

Non solo, attualmente si reimpiegano, seppure in modo moderno, tecnologie frequentemente a torto considerate superate e non più rispondenti alle proprietà richieste ora alle pavimentazioni. Ovviamente non si può ricorrere indistintamente e in qualsiasi caso, per soli motivi ambientali ed estetici, ad applicazioni storiche.

Osserviamo pure che una pavimentazione è ben eseguita quando gli strati inferiori (fondazione e sottofondo) offrono idonea resistenza alle complesse sollecitazioni da essa trasmesse.

Per *fondazione* intendiamo qualsiasi terreno naturale, non di riporto; mentre ciò che è attuato inferiormente alla pavimentazione e sopra la fondazione prende la denominazione di *sottofondo*.

Fondazioni costituite da terreni sabbiosi sono adatte a reggere una pavimentazione solo se contenute ai lati da manufatti; invece quando i terreni sono fluidi, soprattutto alla presenza di limo o argilla, l'opera diviene irrealizzabile.

Qualora la superficie del sottofondo dovesse presentare delle irregolarità rilevanti, rispetto al piano della pavimentazione finita, dovranno essere seguite, secondo i casi, le procedure di seguito illustrate.

Trattandosi ad esempio di pavimentazioni su letto di malta, l'inconveniente è superato con un'adeguata compensazione mediante il medesimo strato di malta.

Mentre per le pavimentazioni su letto di sabbia (selciato o lastricato), nel caso in cui il sottofondo presenta altimetrie maggiori di quelle necessarie, è possibile accettare una determinata differenza se, a compressione ultimata, il letto di sabbia non si riduce a meno di 3-4 cm. Nel caso opposto c'è la possibilità di aggugliare la differenza con sabbia purché, a costipamento avvenuto, lo strato non sia superiore a certe altezze: ad esempio 5-6 cm nei selciati che utilizzano cubetti 4/6 e 6/8.

Qualora tali differenze fossero inaccettabili, il profilo del sottofondo va

ritoccato: nel primo caso la strada deve essere scarificata e ricaricata nel secondo. Tutto questo si rende indispensabile al fine di evitare, con il trascorrere del tempo, nella pavimentazione ultimata risultati non graditi come irregolarità e avvallamenti provocati da una disuniforme resistenza al traffico.

Da questa breve disamina appare chiaro che, per una strada, la superficie superiore del sottofondo debba offrire un opportuno profilo trasversale; mentre nel caso di aree estese, come ad esempio le piazze, essa deva avere le stesse inclinazioni della pavimentazione ultimata. Le pendenze sono previste per permettere il deflusso delle acque meteoriche o di lavaggio, in rapporto al sistema di drenaggio.

Esaminiamo ora le pavimentazioni lapidee tradizionali più comuni che possono, in attinenza alle dimensioni e alla forma degli elementi usati, essere ricondotte ai seguenti tipi principali: l'acciottolato, il selciato, il lastricato etc.

4.1. L'acciottolato

I ciottolati sono costituiti da sassi a spigoli quasi arrotondati e già disponibili in natura (*figg. 1, 2, 3, 4, 5 e 6*). Si sono diffusi nel '700, principalmente nelle città, per assicurare alle strade un parziale scolo delle acque piovane e un utilizzo più confortevole dei percorsi pedonali e veicolari.

Ricordiamo, a tal proposito, che pure le città di un certo rilievo disponevano in genere di strade in terra battuta, mentre quelle munite di pavimentazione erano solo le vie principali.

In quell'epoca il ciottolato rappresentava certamente una tecnologia appropriata e dava inoltre dignità civile agli spazi urbani.

Allo stato attuale delle cose, per contrastare il notevole grado d'impermeabilizzazione provocato dalle estese superfici urbane bitumate, è usato a volte l'acciottolato, proprio per la sua permeabilità. Terreni limitrofi ad alberi e arbusti, parchi e giardini cittadini rappresentano un classico esempio in cui ciò avviene per garantire la traspirazione.

Un tempo tali pavimentazioni erano molto usate con la trazione animale, ora, per quella meccanica, risultano inadeguate perché danno scomodità di viaggio, sono fangose d'inverno, polverose d'estate e inoltre molto costose.

Per realizzare l'acciottolato si usano sassi di forma oblunga, facilmente reperibili nei corsi d'acqua dei fiumi, in mare o nelle cave. Generalmente le dimensioni dell'asse minore sono comprese tra i 6-8 cm, mentre per quello maggiore tra i 9-12 cm. Per certi lavori particolari sono utilizzati anche ciottoli

di dimensioni maggiori chiamati “*boccelle*”.

Figg. 1, 2 e 3 – Piazza Garibaldi a Sulmona (AQ), gradonata in acciottolato.

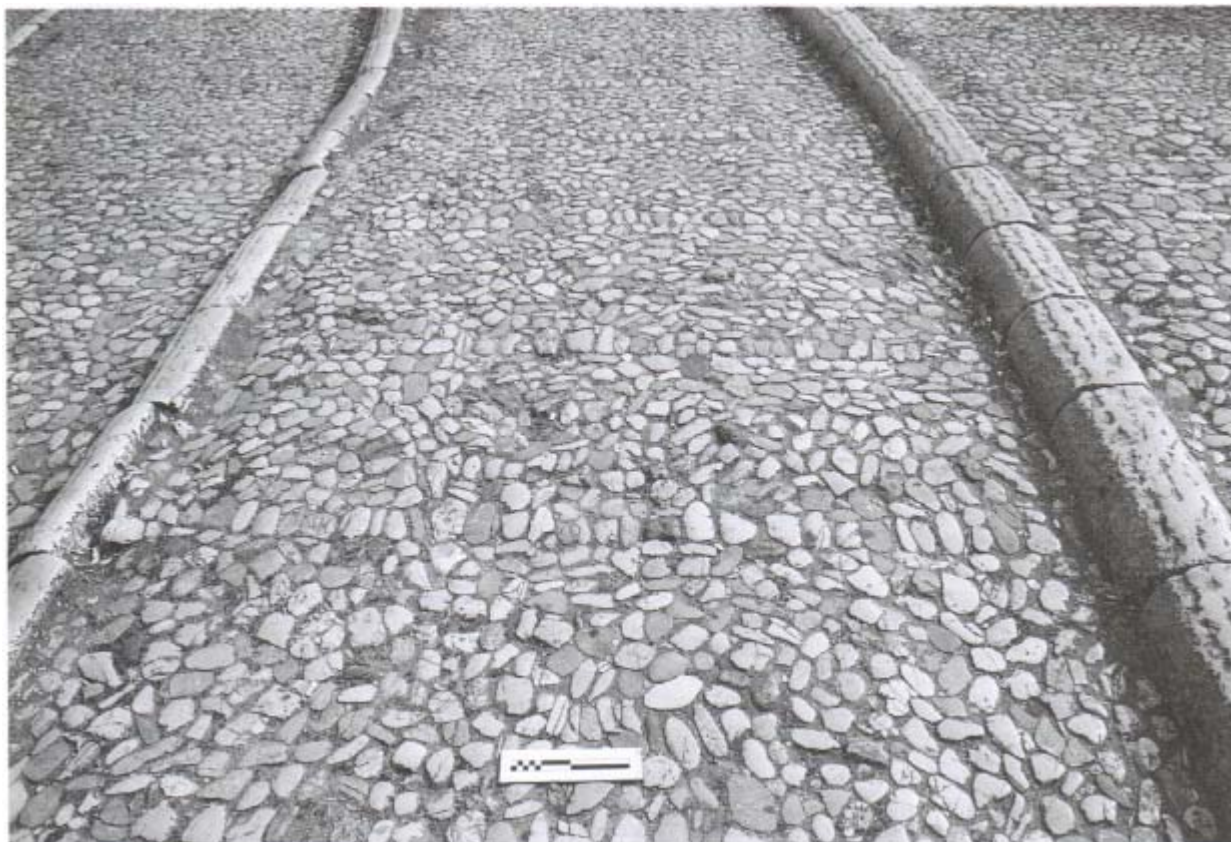


Fig. 1

Dopo averli adeguatamente lavati, al fine di togliere possibili parti terrose o saline (nel caso di ciottoli marini), e selezionati, sia in base alle dimensioni richieste che a eventuali fratture, questi elementi sono pronti per la posa in opera.

Rocce resistenti come i graniti e i porfidi, presenti nell’arco alpino italiano, generano ciottoli di forma tondeggiante; da rocce stratificate, come i calcari dell’area appenninica e le arenarie silicee, scaturiscono invece elementi le cui forme possono passare dall’ovoide molto piatto fino al tronco di cono.



Fig. 2
Fig. 3





Fig. 4 – Pavimentazione in acciottolato, Norcia (PG).

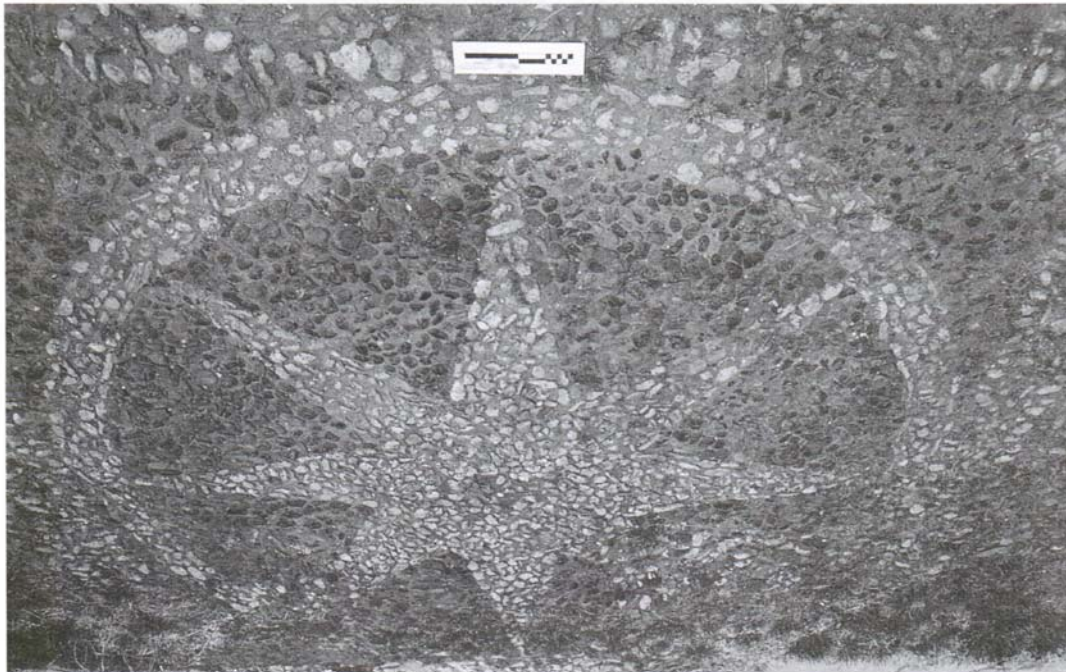
Fig. 5 – Sovrastruttura in ciottolato, Susa (TO).





Fig. 6 – Gradonata in acciottolato (Matera).

Fig.7 – Pavimentazione situata dinanzi la canonica della cattedrale di Susa (TO). Il motivo a stella è eseguito con ciottoli chiari e scuri (verde cupo, caratterizzante i Serpentinei del luogo).



I differenti comportamenti delle rocce, nell'azione dinamica di rotolamento, hanno influito parecchio sulla figuratività delle pavimentazioni cittadine, nelle loro peculiari qualità del luogo determinate dalle differenti apparecchiature, colorazioni e tessiture (*figg. 7, 8 e 10*).

Gli acciottolati a motivo polare sono caratteristici del Seicento e Settecento, mentre i disegni a stella per lo più vengono dopo.

Il ciottolato è spesso impiegato unitamente a elementi tipici di altri modelli di pavimentazione (ad esempio cordoni, lastre etc.), usati per eseguire guide carrabili, riquadrature (*fig.9*) etc.

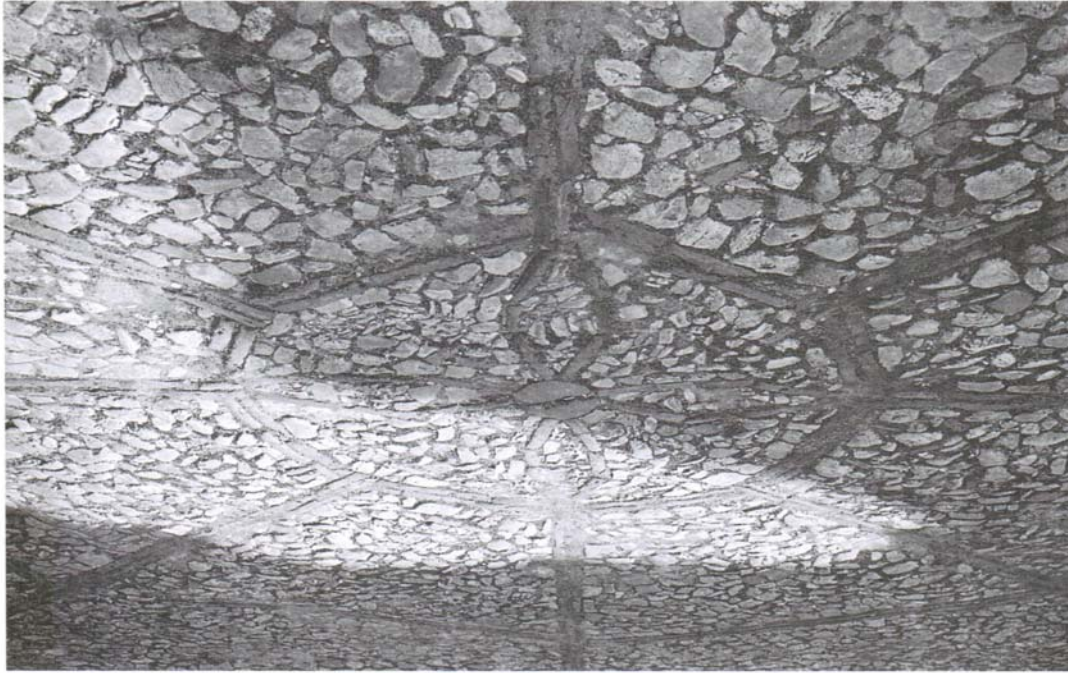


Fig. 8 – Piazza attuata mediante elementi di cava con duplice ornamento di mattoni a produrre motivi polari, Amelia (TR).

Fig. 9 – Ciottolato riquadrato attraverso corsi di lastre di pietra, Antigua (Guatemala).



Fig. 9a - Sovrastruttura con disegno rettangolare replicato più volte.



Fig. 9b – Via avente profilo trasversale concavo e disegno quadrato replicato.

Fig. 10 – Acciottolati di notevoli qualità ornamentali, tipici delle zone mediterranee.



Fig. 10a – Villa Axel Munthe ad Anacapri (NA).

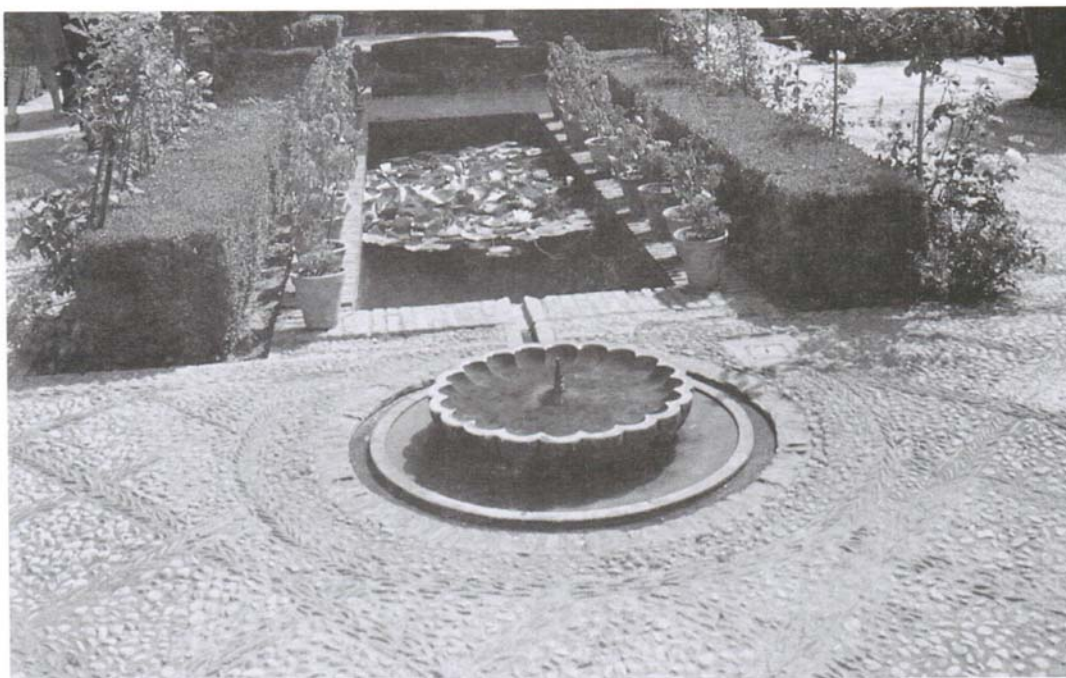


Fig. 10b – Le misure possono variare in rapporto ai tipi di elementi, Granada (Spagna).

4.1.1 Realizzazione dell'acciottolato a secco

Premettiamo che le pavimentazioni in ciottolato a secco sono inadatte a essere utilizzate nei percorsi carrabili, specialmente se di traffico pesante e intenso: uso scomodo dei veicoli e danneggiamento delle medesime.

Seguendo la tradizione, la fondazione del ciottolato si realizza compattando il terreno naturale mediante cilindratura, dopo averlo opportunamente umidificato allo scopo di massimizzarne la densità. Un tempo tale operazione era eseguita utilizzando rulli di ghisa o di pietra oppure mazzeranghe (pesanti pestelli di legno ferrato).

Si sparge poi uno strato, di 8-10 cm, di sabbia a grana grossa e non vagliata, entro la quale è collocato a mano un ciottolo, in maniera tale che la parte più sottile sia verso il basso e l'asse maggiore risulti verticale. Tale operazione consiste nello scavare una piccola buca con la penna di un martello (la sua parte assottigliata), pure utilizzato per poi battere l'elemento, assestandolo. In maniera analoga sono posati di seguito gli altri ciottoli (in modo chiuso), facendo attenzione che le teste sporgano in modo eguale. Gli elementi di minori dimensioni sono posati di solito nelle fasce laterali della strada o della superficie da pavimentare, al centro quelli più grandi.

Avendo a disposizione elementi di conformazioni e dimensioni regolari si possono utilizzare geometrie di collocazione con andamento a disegno (*fig. 11*).

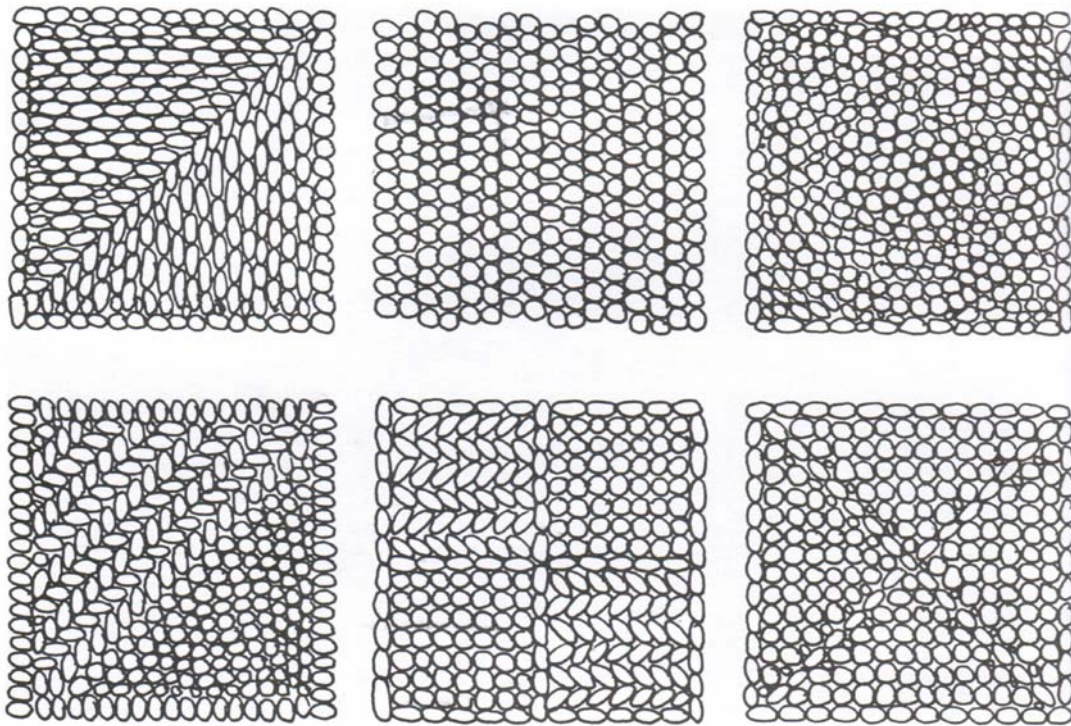


Fig. 11 – Molteplici geometrie di sistemazione dell'acciottolato attuabili con ciottoli di dimensioni e forme regolari.

Conclusa la posa dei ciottoli, si passa alla compattazione della pavimentazione tramite alcune fasi di battitura, utilizzando il mazzapicchio (pestello di legno di ridotte dimensioni) e mazzeranghe di legno per non lesionare o rompere gli elementi.

Dopo la prima battitura è cosperso di sabbia inumidita il manto superficiale e, continuando il costipamento, il ciottolato è bagnato d'acqua affinché l'inerte lubrificato penetri negli spazi vuoti tra gli elementi. Ulteriori battiture garantiscono il loro contatto laterale e un assetto piano o regolare della superficie.

In certe situazioni, specialmente nelle aree pedonali, le sollecitazioni previste sono tali da permettere una disposizione di costa o di piatto dei ciottoli. Soprattutto nel primo caso si possono anche conseguire risultati decorativi di notevole pregio facendo uso di singolari geometrie di posa. E' possibile ricorrere anche a elementi di differente colore, di solito in bianco e nero, che conferiscono splendore ai motivi decorativi.

Nelle pavimentazioni in ciottolato si ricorre di solito a sistemazioni singolari degli elementi, sia per conseguire adornamenti e sia in considerazione della loro permeabilità. Infatti, la posa in opera dei ciottoli avviene inclinando il loro asse maggiore secondo la linea di pendenza della pavimentazione, cosicché le acque piovane o di lavaggio convergono nelle caditoie del sistema drenante.

Le cunette e le linee d'impluvio, essendo destinate allo scorrimento delle acque, sono le parti più vulnerabili della pavimentazione giacché rappresentano interruzioni del manto; per questo motivo possono essere costruite in modo diverso, utilizzando ad esempio materiali come i mattoni o pietre opportunamente lavorate. Nella fase progettuale va esaminato attentamente l'aspetto estetico che ne deriva, facendo anche riferimento alle soluzioni di questo tipo utilizzate un tempo.

Prima del secolo 19° le strade urbane erano caratterizzate da una sezione trasversale concava e caditoia assiale, facilitando così un veloce sgrondo delle acque. Nel corso del 1800, per varie ragioni, tale modello fu progressivamente abbandonato a beneficio di quello a sezione convessa, idonea al convogliamento dell'acqua nei canali di smaltimento laterali generalmente corredati di sistemi fognari a caditoia. Inoltre, la sezione stradale convessa rende la pavimentazione molto più resistente alle sollecitazioni causate dal traffico veicolare.

4.1.2 *Tecnica di decorazione pavimentale*

Forse le prime opere in *mosaico* furono eseguite inserendo ciottoli o lapilli, fra loro molto stretti, in uno strato di terra compattata, poi sostituito da quello più resistente in calcestruzzo. La tecnica suddetta, utilizzando ciottoli multicolori di differente grandezza e forma, già era adatta ad abbellire superfici pavimentali esterne e interne. Ora questa tecnologia è impiegata, in certe occasioni e nella sua rappresentazione più semplice, per adornare spazi di sosta riservati ai pedoni e pubblici giardini, ma fino all'inizio del XX secolo è stata largamente utilizzata anche nelle pavimentazioni.

La notevole irregolarità della superficie di calpestio e il conseguente incomodo utilizzo della medesima portarono, già nell'antichità, a un'efficace modifica migliorativa mediante la molatura delle superfici in vista dei ciottoli e in seguito alla spaccatura degli stessi e loro posizionamento, con le rotture piane a cielo aperto, nella malta cementizia.

Elementi a tessera, di forma geometrica regolare, furono poi prodotti in una fase successiva.

La *pavimentazione a mosaico tessellato* ovvero a piccole tessere quadrate di pietra e solitamente di 1-2 cm di lato, oggigiorno è poco scelta, sia per l'alto costo di costruzione che per quello di manutenzione e ciò specialmente in presenza di climi rigidi. Inoltre la superficie di marcia di siffatta pavimentazione, utilizzando calcari compatti e marmi, tende a lucidarsi con l'uso, divenendo di conseguenza scivolosa, specialmente quando piove e peggio ancora se fa

freddo. Di solito la superficie musiva va lisciata abbastanza finemente, in ogni caso è necessario che le tessere siano prima levigate e collocate secondo un certo piano leggermente inclinato, senza dare origine ad avvallamenti, irregolarità altimetriche e di giunti.

Tra le pavimentazioni a mosaico vero e proprio citiamo quelle eseguite negli anni trenta, del secolo scorso, al Foro Italico in Roma (*fig.12*).



Fig. 12 – Pavimentazione a mosaico (tessellato), Foro Italico (Roma).

4.1.3 Sovrastrutture in acciottolato e pietra

Di solito questo tipo di pavimentazione determina il tragitto in diverse strisce eseguite in acciottolato e in lastre di pietra. Sono un esempio tipico, le pedonali realizzate in lastricato con fasce in ciottolato, adatte a sviluppare motivi figurativi di notevole valore pur dando ai pedoni la possibilità di un'agevole praticabilità (fig.13).

Fig. 13 – Sovrastrutture in ciottolato e pietra per percorsi riservati ai pedoni.

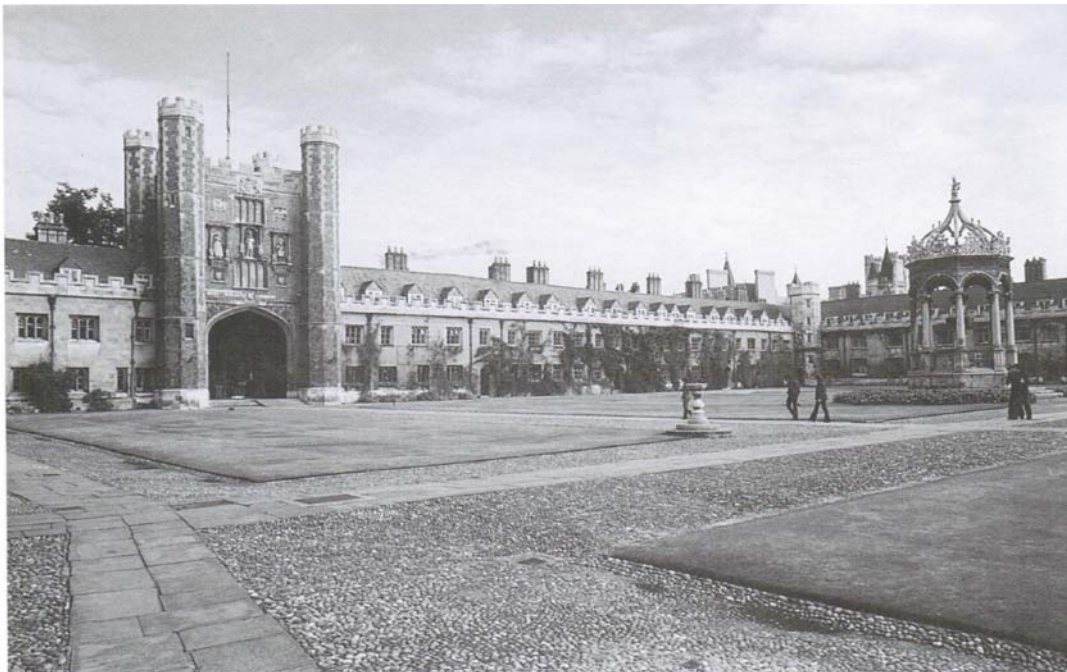


Fig. 13a - Cambridge (Inghilterra): pedonale in lastre di pietra, con ampi settori laterali in acciottolato.

Raramente le strade acciottolate non erano interrotte e suddivise da strisce parallele di lastre di granito, calcari compatti, arenari silicei etc. in modo da dare origine alle *guide* (o *trottatoi* o *guidane*). Siffatti listoni in pietra erano assolutamente necessari sia per affievolire la rumorosità del ciottolato al passaggio dei veicoli aventi ruote ferrate, sia per ridurre il logorio del manto, i cui elementi con il trascorrere del tempo dovevano essere rimpiazzati o rimessi nella loro posizione originaria.

Pertanto erano realizzate superfici con rivestimenti diversificati, destinate a diversi utilizzi del medesimo tragitto. Infatti, gli uniformi e resistenti lastroni di pietra offrivano ai veicoli una superficie di rotolamento che a una buona levigatura superficiale (minima resistenza alla trazione) univa una'esigua scivolosità (massima aderenza) e l'acciottolato centrale che, con le sue asperità,

permetteva una sicura presa agli zoccoli ferrati degli animali da tiro.

Fig. 13b – Cordova (Spagna): via carrozzabile in acciottolato con marciapiedi a raso in pietra.



Secondo l'importanza della strada le guide erano collocate nella carreggiata in una singola o doppia corsia, in altre parole a seconda se era previsto un unico o doppio senso di marcia.

Questo tipo di pavimentazione si diffuse abbondantemente in Europa, in modo particolare, dall'inizio del secolo XIX.

Oggi, siffatte pavimentazioni pur essendo venute meno le caratteristiche a loro richieste un tempo, per quanto concerne la percorribilità delle carrozze e dei relativi animali da tiro, mantengono tutta la loro attrazione nel carattere figurativo dell'arte urbana, appartenendo a questo punto al ricordo storico

della collettività.

A livello locale, dove tali pavimentazioni ancora esistono, negli ultimi anni qualcosa è stato fatto per il loro recupero e il ripristino di quelle danneggiate o bitumate ed è sperabile un loro impiego, in chiave moderna, specialmente nelle aree pedonali di nuovi insediamenti (*figg.13 e14*).



Fig. 14a – Lastricato situato nel centro della sede stradale, per permettere agli utenti dei veicoli una confortevole percorribilità; l'acciottolato è invece disposto lateralmente. Acqui Terme (AL).



Fig. 14b – Strada acciottolata e trottatoi in pietra in fase di realizzazione. Piediluco (TR).

Fig. 14 – Percorsi carrabili: sovrastrutture in pietra e ciottolato.

I *trottatoi*, non dovendo più svolgere le funzioni di un tempo, possono anche essere posti secondo esigenze di altra natura, ad esempio legate all'aspetto dell'ambiente.

Ciò è veritiero, anche se lo schema tradizionale delle guide in pietra è ancora valido, consentendo comunque ai mezzi moderni di transitare, di tanto in tanto e quando previsto, sui percorsi pedonali, rinunciando in tal modo a utilizzare il ciottolato che alla fine potrebbe deteriorarsi. In ogni modo, il manto superficiale dell'acciottolato presenta delle asperità tali da essere inadatte al transito veicolare, se pur occasionale.

4.1.4 Realizzazione di sovrastrutture in acciottolato e pietra

Questo genere di sovrastrutture è tradizionalmente formato da un acciottolato interrotto al centro della via da due strisce lastricate (*listoni*) larghe 50-60 cm e collocate a una distanza di un metro dai margini interni (*figg. 14 e 15*).

Le superfici in vista, di questi lastroni di pietra, vanno lavorate in base alla

finitura prevista: *bocciardato medio-fine* o *spuntato fine*.

Per portare a compimento la pavimentazione e per il suo adeguamento alle caratteristiche specifiche della via dovute a esistenti chiusini, caditoie, botole

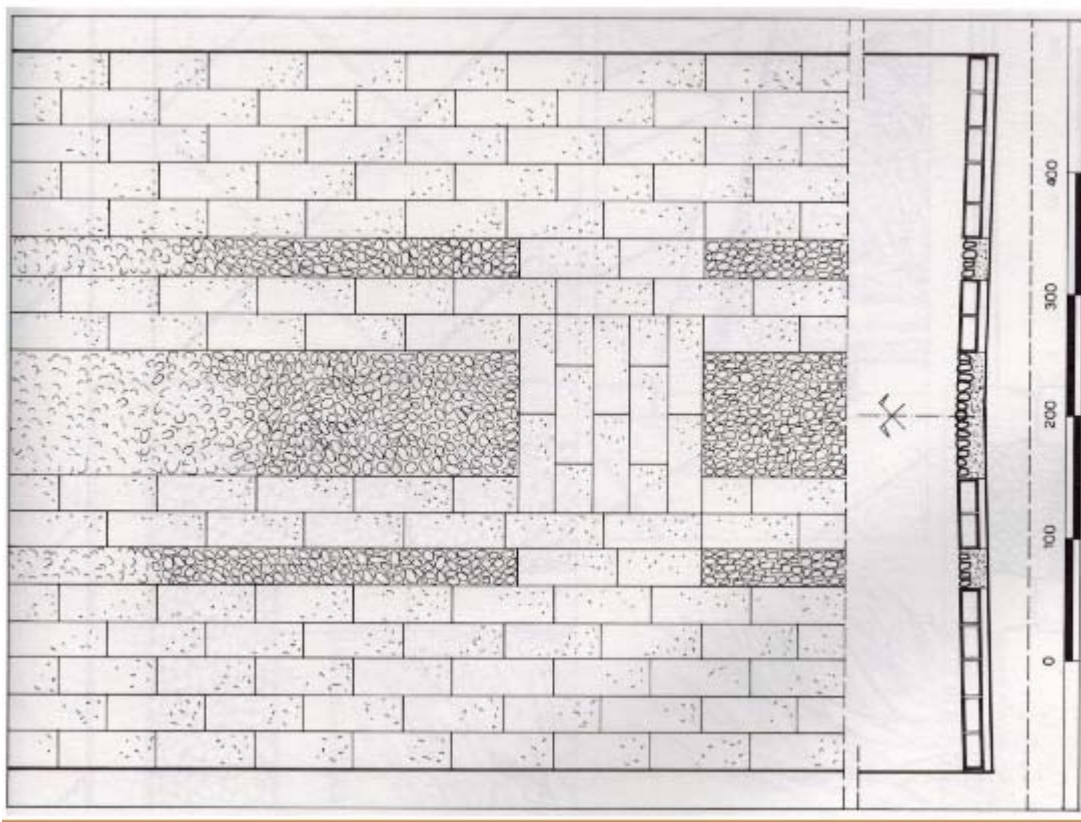


Fig. 15 – Sovrastruttura in acciottolato e masselli di pietra, per l'esecuzione dei trottoiri e i percorsi ai lati.

etc. devono essere realizzati con accuratezza degli elementi di dimensioni e forme particolari (pezzi di serraglia). Per questo motivo, nel corso della fase progettuale deve essere prevista la realizzazione di certi elementi lapidei, tipo: chiusini, caditoie, oppure specifiche soluzioni riguardanti le cordonature dei marciapiedi. I lastroni di pietra, costituenti le guide, vanno posti in opera per primi (si procede nello stesso modo per soluzioni analoghe) e solo in un secondo tempo gli elementi dell'acciottolato. Sul sottofondo, preparato e adeguatamente conformato secondo i profili trasversali e longitudinali prestabiliti, si prosegue con la stesa, in rispondenza della posa delle guide lapidee, di uno strato di sabbia avente lo spessore di 8-10 cm.

Tali elementi vanno posti in opera ben sistemati e stretti tra di loro, compattandoli con attrezzi costituiti da una piastra di legno, munita di manico lungo, del peso non inferiore ai 15 kg (mazzerranghe) perché saranno soggetti a

notevoli sollecitazioni dinamiche.

Dopodiché si prosegue con la posa in opera dell'acciottolato secondo le procedure in precedenza esposte.

4.1.5 La selciata di calce

Come visto in precedenza, le sovrastrutture in acciottolato sono contraddistinte dalla sistemazione a secco degli elementi e per tale motivo nell'antichità erano denominate selciato a secco; esisteva però anche una metodologia diversa e più economica, la selciata di calce, che utilizzava materiale meno pregiato e manodopera più conveniente. Per la sua realizzazione erano impiegati frammenti di roccia arrotondati e levigati dall'acqua (ciottoli) o derivati dagli scarti di lavorazione, di diverse misure e forme. I romani utilizzavano ad esempio i “*bastardoni*”, ossia gli avanzi della lavorazione dei *quadrucci* (odierni *sampietrini*) ottenuti dal magma basaltico dei colli Albani.

Questo tipo di pavimentazione era assai utilizzato, specialmente nei tragitti a forte pendenza, e appoggiava su un sottofondo identico a quello preparato per l'acciottolato a secco. Sottofondo che era livellato con ghiaia e su cui si realizzava uno strato di frammenti di pietra (scaglie) e malta di calce magra. Mentre gli elementi lapidei superficiali erano sistemati nel letto di posa in malta, dello spessore di 10-20 cm.

Spesso l'esecuzione della selciata di calce, specialmente per elementi di ridotte dimensioni, era facilitata suddividendo l'area da pavimentare tramite guide, in maniera tale da ripartirla in porzioni regolari con lo scopo di agevolarne l'effettuazione. C'era (e c'è) la possibilità di dare risalto a tale ripartizione mediante la realizzazione di scannellature al fine di conseguire effetti ornamentali (*fig. 16*).

L'apparecchio di posa era scelto in base alle esigenze estetiche oppure, più frequentemente, da quelle funzionali anche in rapporto alla roccia utilizzata, alla specificità del percorso, al tipo di drenaggio impiegato e alla natura ed entità delle sollecitazioni ipotizzate.

Una volta ultimate, le selciate non potevano essere utilizzate immediatamente perché la malta di calce consolidava dopo un tempo adeguato, per cui la sovrastruttura doveva essere ricoperta momentaneamente con sabbia e terra.

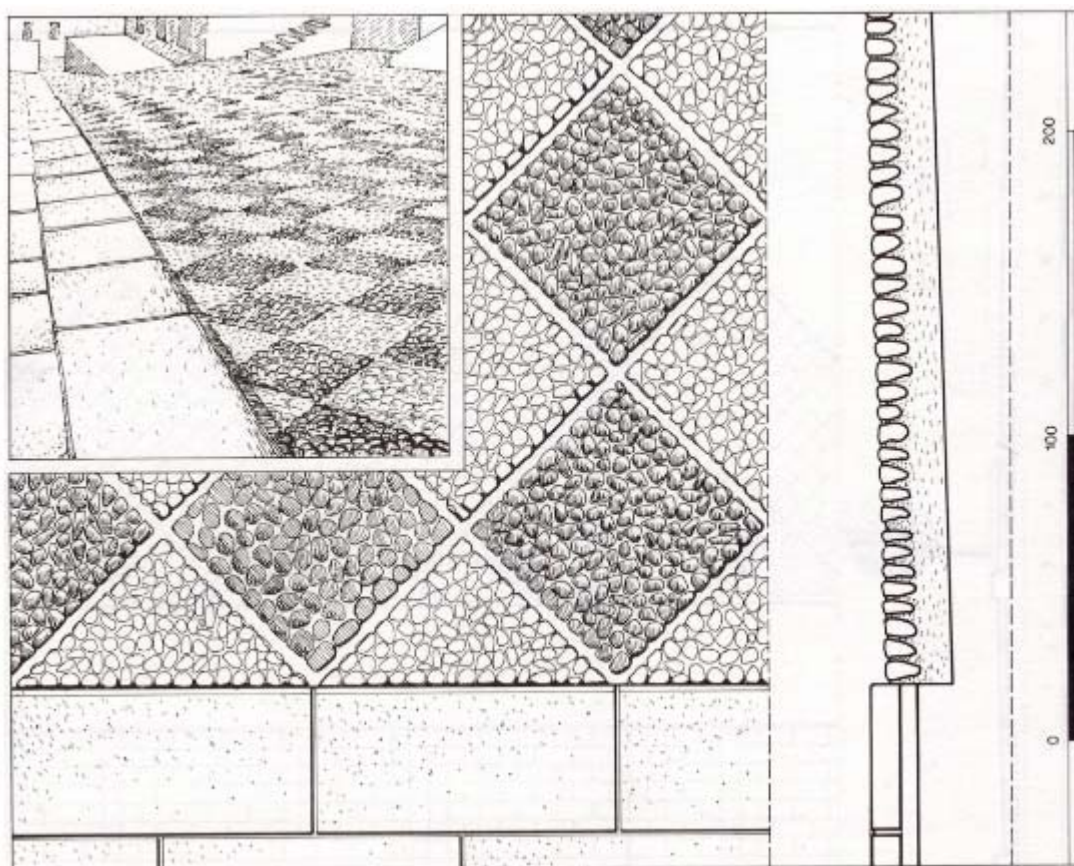


Fig. 16 – Sovrastruttura in ciottolato riquadrato.

Gli attuali modi d'esecuzione si basano su sottofondi eseguiti con adeguate massicciate costipate, oppure in calcestruzzo anche armato.

Quest'ultimo caso va attentamente esaminato, per prendere poi le decisioni più opportune in merito ai *giunti di dilatazione* che servono a impedire il danneggiamento del manto superficiale dovuto alle dilatazioni termiche, al ritiro e alle flessioni conseguenti ai carichi cui è soggetto il sottofondo.

Per concludere, al giorno d'oggi la moderna selciata di calce si esegue con un adeguato sottofondo in cemento, a volte anche armato con reti elettro-saldate, o in massicciata e letto di calcestruzzo.

Riprendendo in esame l'*acciottolato a secco* ci rimane da affrontare l'ultima fase di lavorazione, cioè l'applicazione del beverone di cemento, o calce e cemento, che insinuandosi negli spazi vuoti tra gli elementi lapidei e nel letto di sabbia provoca un rafforzamento complessivo della pavimentazione; dopo tale operazione si procede con la lavatura della superficie di marcia dei ciottoli. La sovrastruttura, dovendo sopportare notevoli sollecitazioni, potrà subire affossamenti, irregolarità e cedimenti se la precedente applicazione non viene compiuta.

ta in modo perfetto (a regola d'arte).

Concludiamo rilevando che ad una applicazione poco rigorosa del beverone è preferibile ricorrere ad una realizzazione tradizionale, in quanto l'insieme dei ciottoli, stretti tra loro e uniti al supporto di sabbia, è in grado di neutralizzare in modo più agevole possibili alterazioni.

4.2. Il selciato

Gli elementi lapidei usati nei selciati sono di forma cubica o parallelepipedica e generalmente hanno superfici di marcia (o in vista) quadrate; siffatte pavimentazioni non sono altro che una semplice evoluzione del ciottolato. Infatti, esso è considerato un gruppo intermedio tra l'acciottolato e il lastricato, anche se qualche volta è classificato con quest'ultima denominazione. In genere si propende per la prima definizione perché le dimensioni delle superfici in vista sono piuttosto ridotte rispetto alle altezze degli elementi e poi per la loro lavorazione approssimativa. Nel presente questi elementi si ottengono dalle lastre di roccia per mezzo di una macchina denominata maglio (a lame); invece tempo addietro tale produzione si basava sull'utilizzo, da parte degli scalpellini, di mazzetta e scalpello largo. Le loro superfici di marcia coincidono con i piani principali di cava (o pioda, o verso) dei blocchi lapidei e sono lasciate grezze, invece le pareti laterali, ottenute per spaccatura, sono pendenti verso il piano di posa; tali elementi assumono la forma di un tronco di piramide le cui dimensioni sono di solito standardizzate (cfr. cap. III: par. 2 e 3).

Nella seconda metà del secolo diciannovesimo furono utilizzate in Europa le prime sovrastrutture stradali a elementi lapidei di piccole e medie dimensioni, opportunamente predisposti a tal fine.

Ad esempio verso la fine dell'Ottocento, nella città di Hannover (Germania), furono usati per la prima volta cubetti di granito di dimensioni normalizzate (circa 10 x 10 cm) e in quantità rilevante.

In Europa l'impiego notevole del selciato avvenne però solo dopo la fine della prima guerra mondiale.

Le ridotte dimensioni, delle superfici in vista, dei cubetti aventi forme regolari e le scabrosità dei giunti offrivano e tuttora porgono agli zoccoli dei cavalli una buona aderenza.

L'utilizzo del granito in cubetti, frequentemente del tipo 8/10 cm, è oggi giorno assai diffuso in paesi come la Francia, la Germania e la Svezia.

L'impiego di elementi bicolori (bianchi e neri), ottenuti dal calcare e dal

basalto, rientra nella tradizione brasiliana e portoghese, il fine è di realizzare motivi a disegno nelle pavimentazioni di vie e marciapiedi (*fig. 25b*).

In Italia, più precisamente a Roma, l'utilizzo più remoto risale forse al secolo XVIII e riguarda il sampietrino, o quadruccio (superficie in vista quadrata di lato 9,5 cm e altezza 18 cm), ottenuto dalla roccia basaltica dei Colli Albani.

Per molti selciati del capoluogo campano gli elementi sono stati estratti dalla lava solidificata del Vesuvio. La Vesuvite, o Pietrarsa, è una roccia effusiva di recente formazione (eruzione del 1631), che è utilizzata anche per la sua notevole resistenza alla salsedine del mare.

Mentre in molti centri urbani della Sicilia orientale sono stati impiegati per le pavimentazioni gli elementi ricavati dalla roccia effusiva dell'Etna.

La Trachite dei Colli Euganei, la Diorite e la Sienite del lago di Como, il Granito Rosa di Baverno (VB) e il Granito dell'Isola del Giglio sono altri tipi di rocce utilizzate per ottenere i cubetti dei selciati.

Dalla fine del penultimo decennio dell'Ottocento fu però il porfido a essere maggiormente utilizzato nelle pavimentazioni. I primi cubetti furono prodotti nelle cave dei comuni di Ora e Bronzolo (BZ), in due formati di grande dimensione; ma la loro notevole diffusione si ebbe solo dopo la fine del primo conflitto mondiale. L'origine dell'odierna e rilevante lavorazione del Porfido del Trentino risale a quel periodo con l'avviamento delle prime cave nel comune di Albiano (TN).

Nel 1930 fu fatto, in via Nazionale a Roma, uno dei maggiori interventi nel campo delle pavimentazioni in cubetti di porfido (*fig. 20a*).

Nei giorni nostri i selciati in cubetti si realizzano quasi esclusivamente nei centri urbani e, solo per tratti abbastanza brevi, nelle strade extraurbane; si utilizzano parecchio per pavimentare le curve a raggio limitato e i tornanti di montagna, poiché aumentano il coefficiente di aderenza (trasversale) e conseguentemente la stabilità dei veicoli.

Apparecchiature

Di solito sono utilizzate apparecchiature ad archi contrastanti, a coda di pavone, a corsi regolari e a redans; ognuna di esse deve essere scelta tenendo nella dovuta considerazione l'aspetto funzionale ed estetico.

Altre geometrie di posa, che possono essere utilmente adottate dal progettista nelle sovrastrutture in selciato, sono riportate nelle *figg. 17, 18, 19 e 35*.

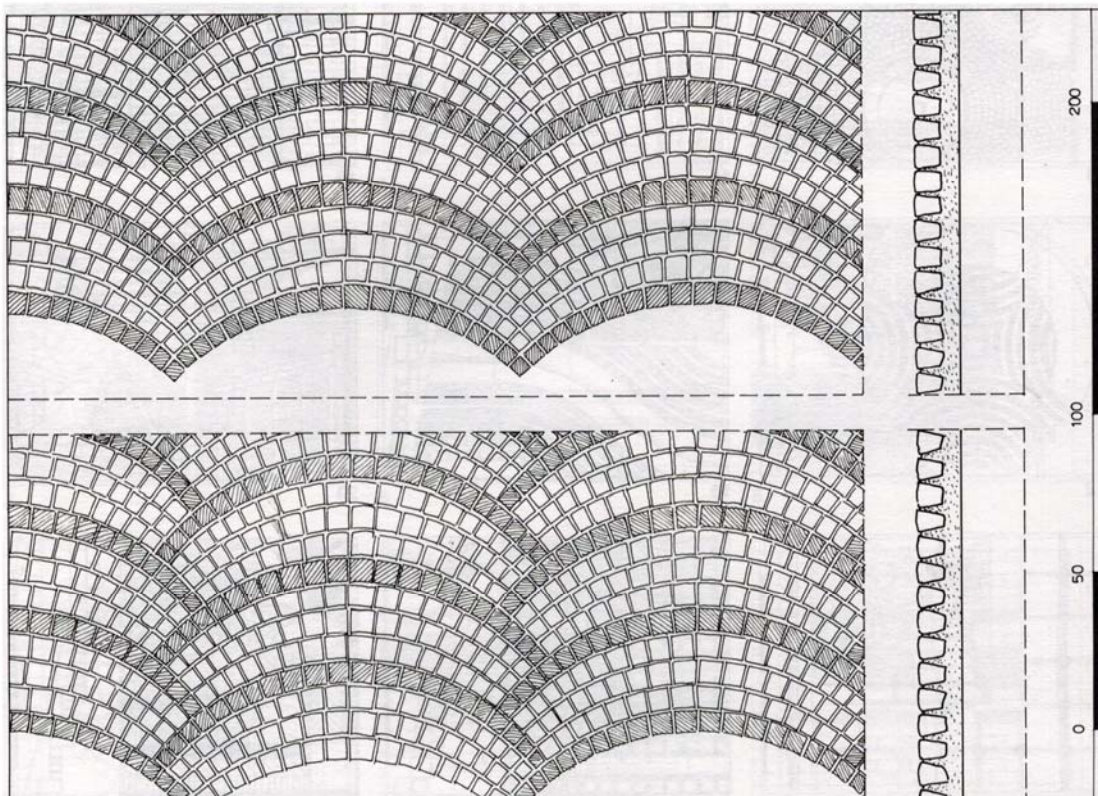


Fig. 17 – Pavimentazione in cubetti bicolori di granito o porfido; geometria di posa ad archi contrastanti o a redans.

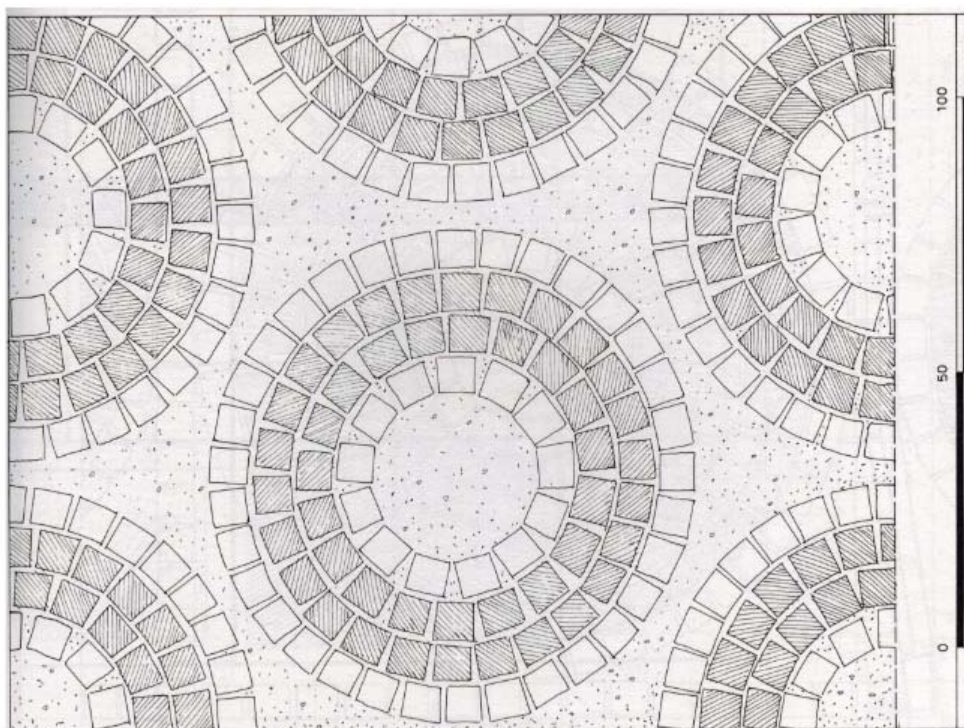


Fig. 18 – Sovrastruttura in cubetti bicolori di porfido o granito e cemento; geometria di posa a moduli circolari a cerchi concentrici.

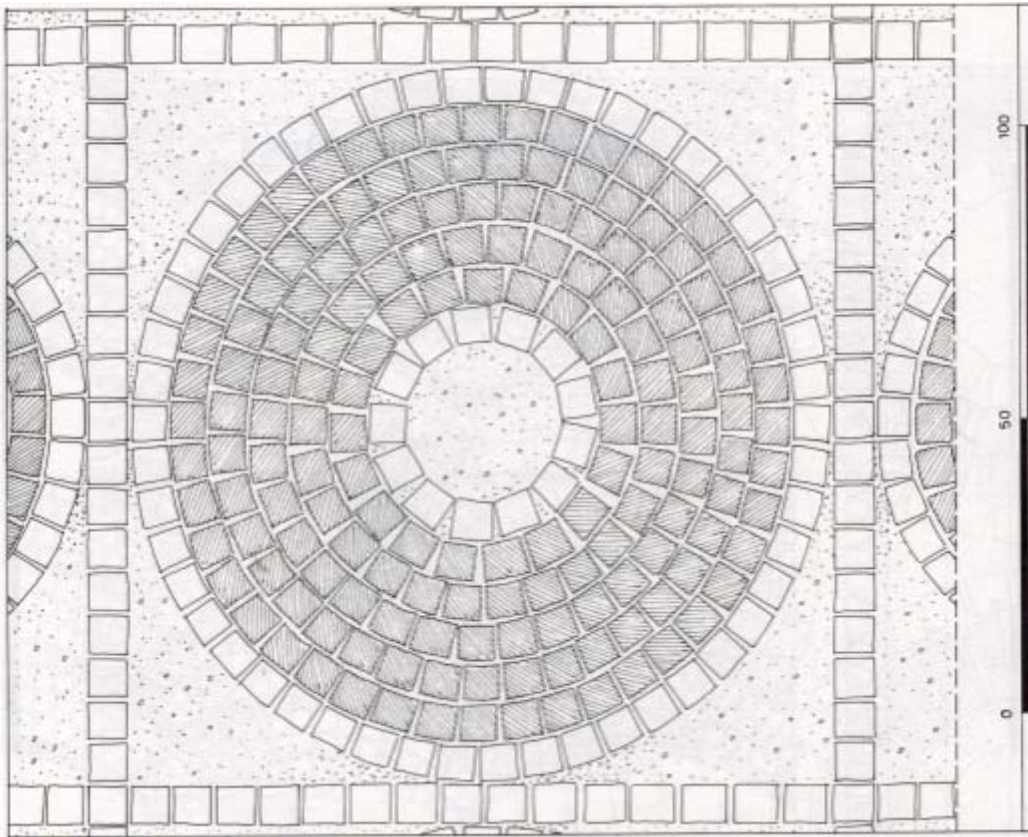


Fig. 19 – Come sopra; geometria di posa a moduli quadrati con corsi circolari concentrici.

L'apparecchiatura maggiormente utilizzata è però quella ad *archi contrastanti*, specialmente per i percorsi carrabili; infatti, essa offre il vantaggio di impiegare cubetti di dimensioni diverse ed esclude per di più che la direzione del moto veicolare coincida con quella dei giunti. Tale apparecchiatura è senz'altro la più idonea a sopportare alcune delle complesse sollecitazioni trasmesse dai veicoli alla pavimentazione e cioè quelle derivanti dalle variazioni inerziali e dal moto uniforme. Notiamo che ogni arco viene a trovarsi in contrapposizione con il suo attiguo e rispettivamente con i fianchi dell'area pavimentata in generale o della via. Il ricorso all'arco è motivato anche dal fatto che, oltre a garantire una più soddisfacente ed efficiente realizzazione, s'impiegano cubetti di dimensioni diverse, dove i maggiori saranno messi al centro e i minori agli incroci, secondo la successione e il criterio di seguito esposto.

Con tale apparecchiatura i cubetti di ciascuna fila sono disposti secondo una successione contigua di archi di cerchio, di raggio prefissato ed eguale, e in modo che ogni coppia contrapposta abbia in comune l'elemento d'imposta.

Ciò è realizzabile solo se l'angolo al centro è di 90° : in tal caso lo spigolo (s) dell'elemento di chiave è uguale alla diagonale (s) del cubetto d'imposta e

conseguentemente gli spigoli degli elementi vanno aumentando dall'imposta alla chiave di volta, restando contenuti fra $0,707s$ e s (figg. 20 e 21).



Fig. 20a – Selciato in porfido rosso. Via Nazionale (Roma).



Fig.20b – Piazzale prospiciente Porta Rivera AQ). Pavimentazione in pendenza costituita da selci: la disposizione degli elementi ad archi contrastanti si congiunge con una gradonata eseguita a corsi dritti.

Fig. 20 – Pavimentazioni in selciato ad archi contrastanti.

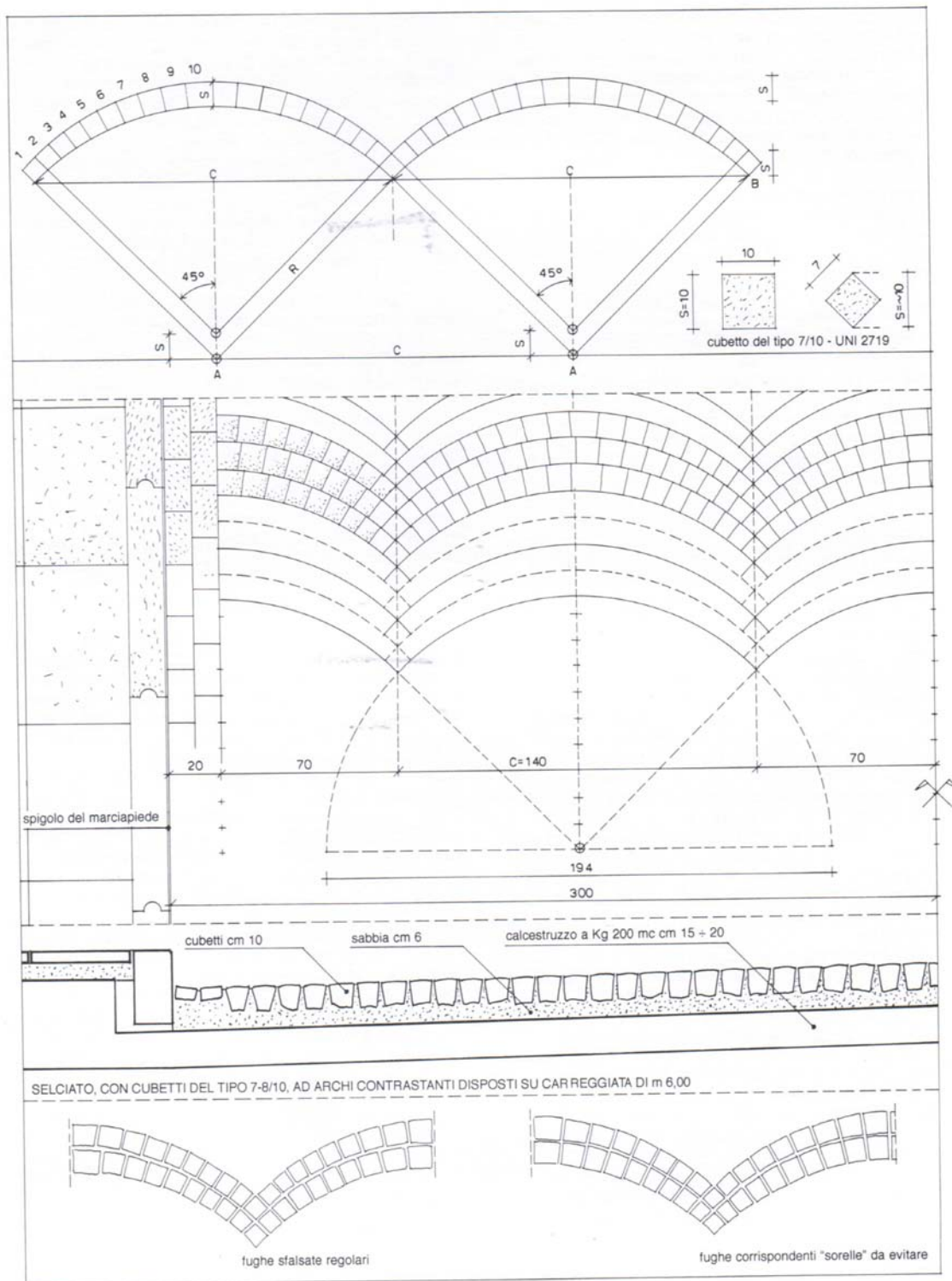


Fig.21 – Apparecchiatura ad archi contrastanti per soprastrutture in selciato.

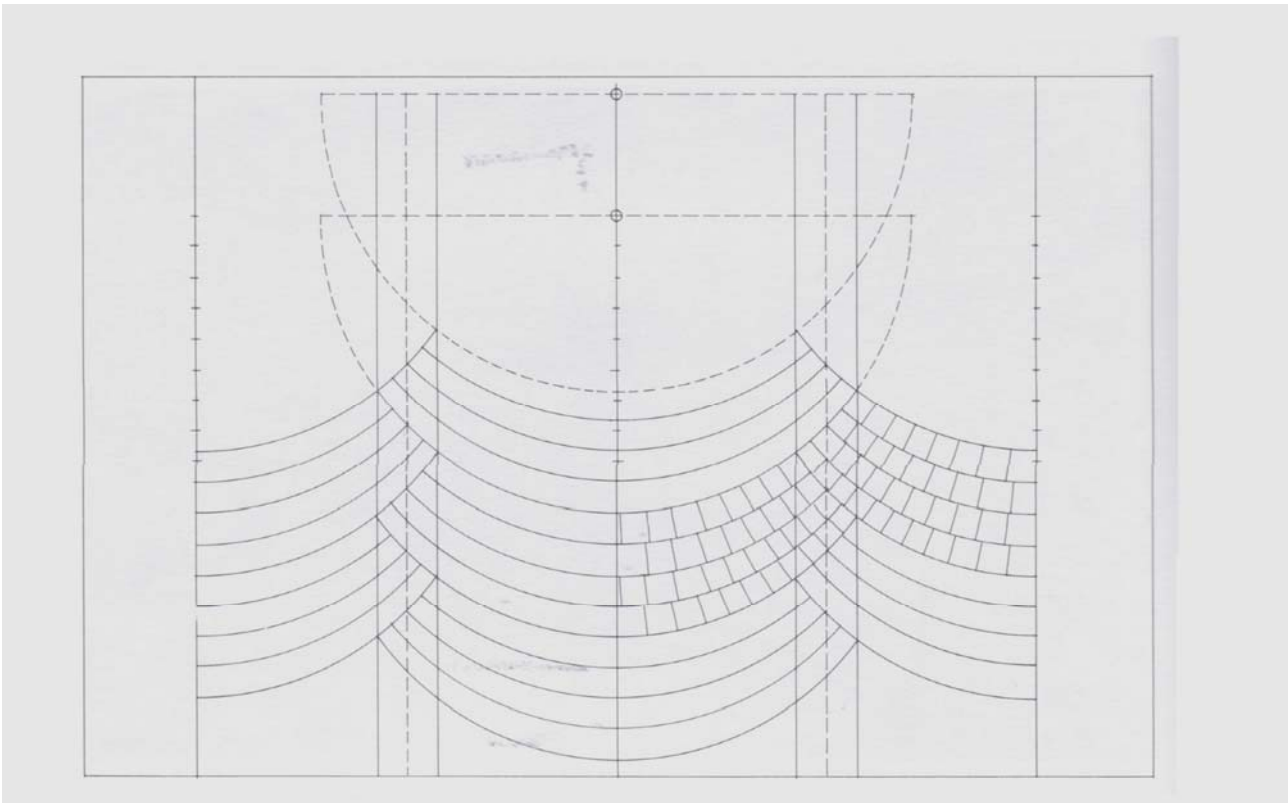


Fig. 22 – Sovrastruccure in selciato: apparecchiatura a redans.

Essendo quadrata la superficie in vista dei cubetti, i giunti degli elementi di un arco assumeranno una figura trapezoidale, con la base maggiore rivolta verso l'esterno; perché tale divergenza non si noti, è necessario limitare a un massimo di venti il numero dei cubetti per arco.

Ovviamente il valore della corda (c) deve essere tale da permettere una pavimentazione costituita da archi interi o, nel caso limite, da mezzi archi. Va infine ricordato che i valori della corda, del raggio e pertanto dello sviluppo dell'arco sono conseguenti alle varie dimensioni dei cubetti:

- lo sviluppo dell'arco (a) si ottiene moltiplicando il numero dei cubetti, di cui è costituito, per la loro dimensione media (considerando pure lo spessore dei giunti);
- il raggio (R) dell'arco di cerchio si ricava dalla relazione $a = 3,1416 R/2$,
 $R = 0,6366 a$;
- il valore della corda risulta: $c = 1,4142 R$. (teorema di Pitagora)

Nella *tab. 1* sono riportati i suddetti valori per le varietà UNI 2719 inerenti i cubetti.

Assortimento UNI 2719	Valore del raggio (R) cm	Valore della corda (c) cm	Sviluppo dell'arco (a) cm
4/6	58 ÷ 72	80 ÷ 105	90 ÷ 120
6/8	78 ÷ 96	110 ÷ 135	120 ÷ 150
7/10	97 ÷ 120	140 ÷ 170	155 ÷ 190
9/12	120 ÷ 143	165 ÷ 200	185 ÷ 225

Tab. 1 – Apparecchiatura ad archi contrastanti. Valori geometrici per assortimento UNI 2719.

Questo tipo di apparecchiatura presenta però un lato debole poiché nelle linee d'imposta degli archi sono collocati i cubetti più piccoli e quindi meno resistenti. La disposizione lineare e parallela a quella dell'asse della strada fa sì che tali elementi si stacchino facilmente, per le ripetute sollecitazioni dovute al transito dei veicoli.

Per superare tale criticità si ricorre all'apparecchiatura a *redans* (fig.22), dove gli archi sono interrotti di solito o prima o dopo l'imposta degli stessi, permettendo così l'inserimento degli archi affiancati e troncati in egual modo. Con tale configurazione viene a perdersi l'allineamento dei cubetti più piccoli, messi ora a spina di pesce in una striscia di fissata larghezza, offrendo pertanto una resistenza superiore alle sollecitazioni dinamiche.

Ci sono anche altri tipi di apparecchiature, come ad esempio quella a *coda di pavone*: di notevole valore estetico, realizzabile disponendo gli elementi in maniera tale da ottenere degli archi di circonferenza contigui e sistemando i settori susseguenti sulla mezzeria di quelli già sistemati (fig. 23).

Tale apparecchiatura è scelta di solito per percorsi pedonali e utilizza i cubetti del tipo 4/6 o 6/8, idonei a garantire un'adeguata resistenza a tali sollecitazioni.

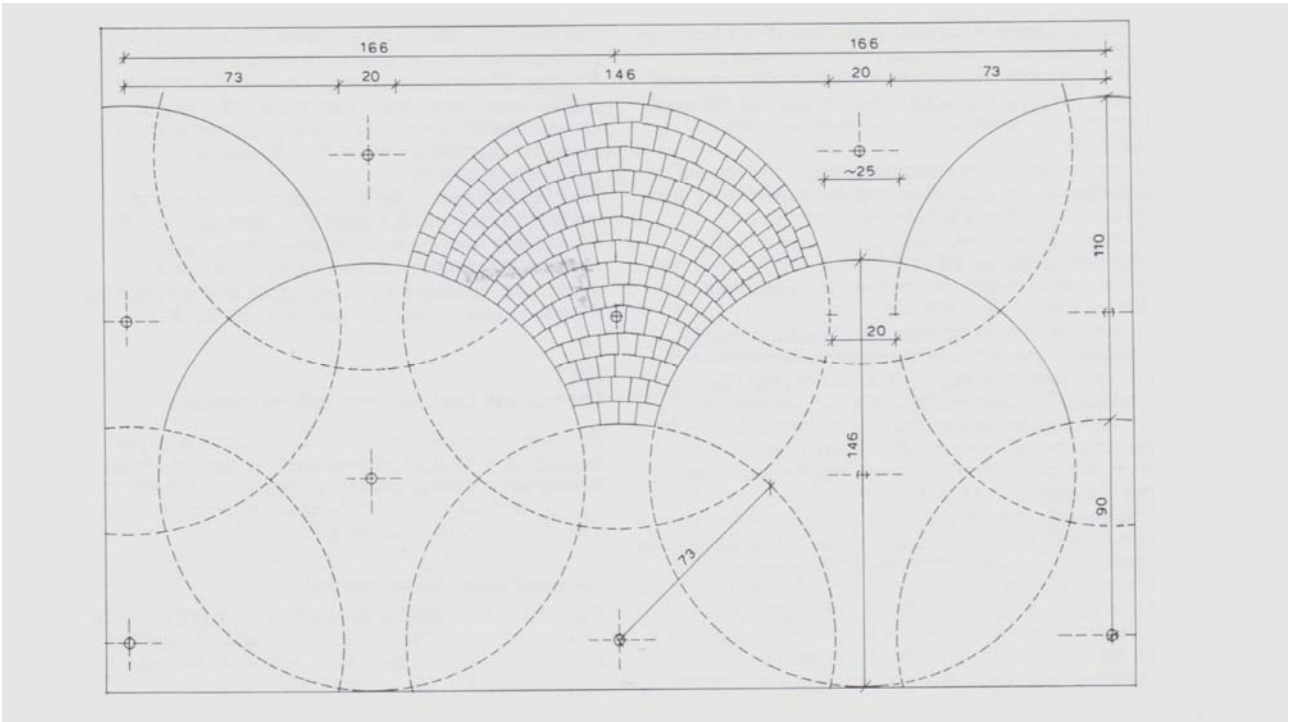
Ogni corso curvilineo, costituito da una serie di cubetti, è monocromo, però per ognuno di essi può essere previsto un colore diverso salvo che il solo arco di raggio massimo presenti elementi di Marmo di Carrara o Bianco Lasa (BZ).

Utilizzare pietre come il Botticino (BS), la Pietra di Trani (BA) o altri tipi di caratteristiche tecniche simili è inopportuno, perché non offrono resistenze comparabili a quelle degli elementi attigui (porfido, granito, lava etc.).

La messa in opera prevede l'utilizzo di sagome d'acciaio, ai fili esterni delle quali sono collocati gli archi più grandi. Le figure venutesi a delineare vengono così riempite con gli altri cubetti.

Nel mettere in opera i cubetti a *corsi rettilinei* (apparecchiatura molto utilizzata), o a *spina di pesce*, bisogna fare attenzione alla selezione degli elementi perché ogni singolo corso deve essere il più uniforme possibile al fine

di evitare giunti troppo diversi tra loro e quindi non rispondenti a criteri estetici (fig. 24).



Le misure possono variare in rapporto ai tipi di elementi.



Fig. 23 – Pavimentazione in selciato: apparecchiatura a coda di pavone.



Fig. 24a – Gradonata a corsi rettilinei e cubetti sfalsati (AQ).

Fig. 24b – Selciato (di rocce eruttive) a corsi rettilinei e giunti sfalsati: sulla sinistra della foto si notano le guide. Via dei Cerchi (Roma).



Fig. 24 – Pavimentazione in selciato (apparecchiatura a corsi rettilinei).

La sistemazione degli elementi a corsi rettilinei, con un'inclinazione della tessitura a 45° rispetto all'asse della strada, è ampiamente utilizzata nella città capitolina (fig. 24b). Tale disposizione riesce a reagire solo in parte alle complesse sollecitazioni dovute al traffico, scaricandole in direzione dei margini della via; quanto detto vale per entrambi i sensi di marcia.

Gli *archi contrastanti* si comportano in modo ottimale specialmente quando il flusso veicolare è diretto nella direzione centro dell'arco-chiave di volta; mentre nel senso di marcia inverso sono efficaci in fase di frenatura (semafori, stop, passaggi pedonali etc.).

Ancor oggi per aree irregolari e di estensioni ridotte l'apparecchiatura a *opera incerta*, se pure caduta in dissuetudine, è utilizzata per conseguire singolari realizzazioni espresse per mezzo di figure, anche attraverso l'introduzione di elementi differenti per cromatismo, sagoma e dimensioni (fig. 25).

Fig.25 – Pavimentazione in selciato (apparecchiatura a opera incerta).



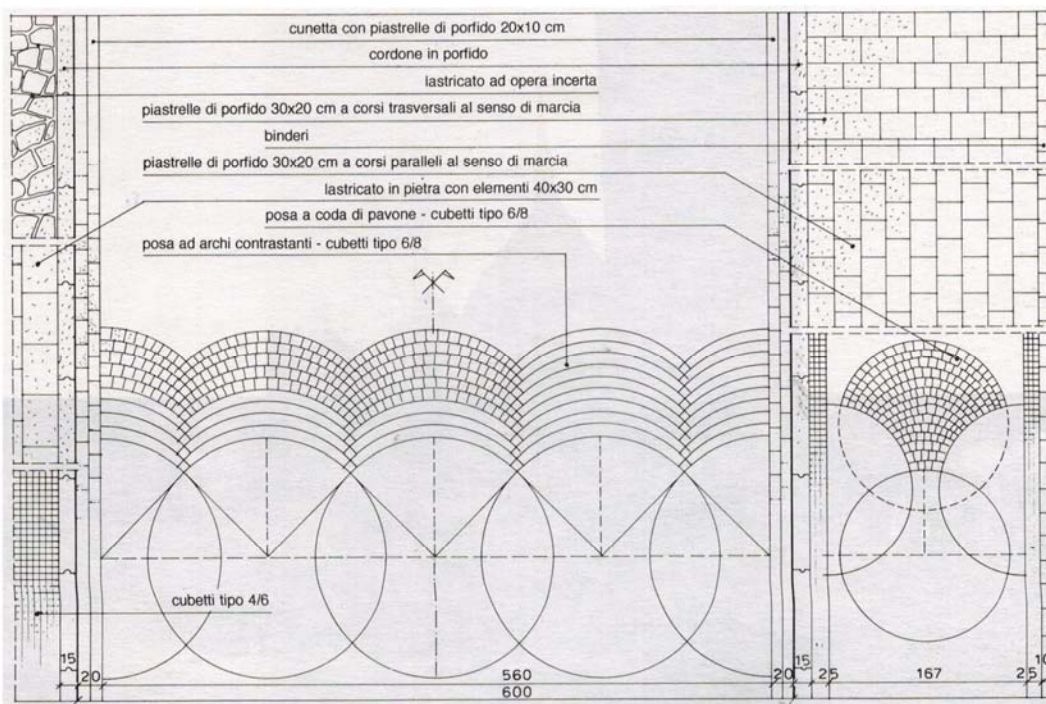
Fig. 25a - Elementi di marmo (appartenenti a un'epoca passata) di dimensioni e forme diverse, inseriti nel selciato. Piazza Navona a Roma.

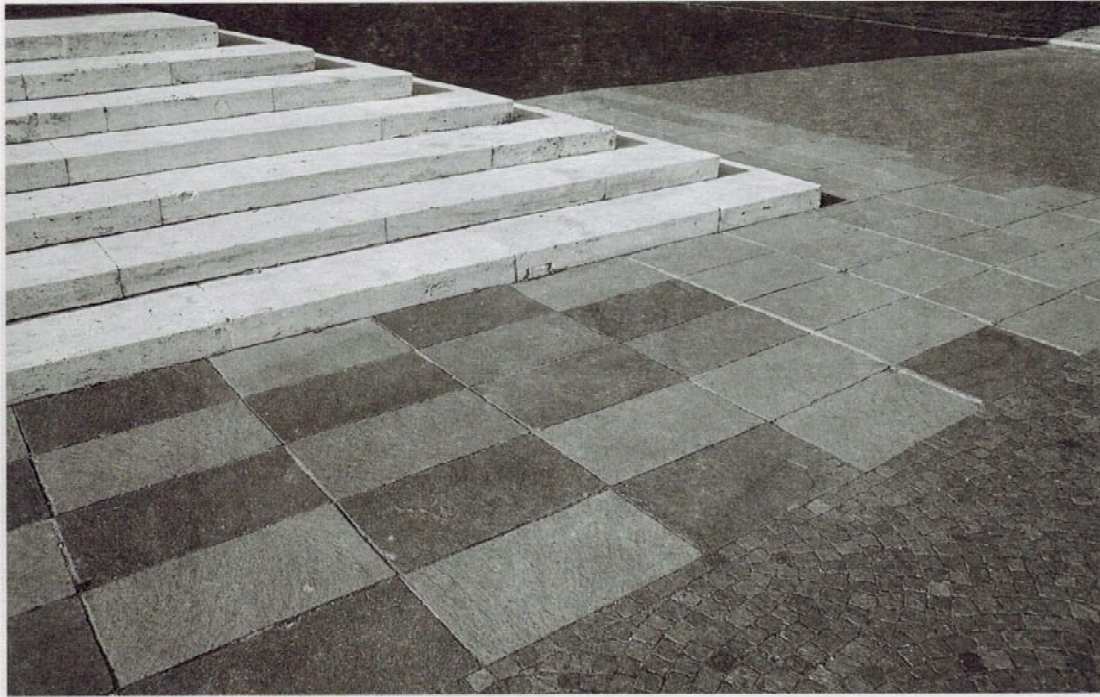


Fig. – 25b Castello di San Giorgio (Lisbona): selciato a opera incerta.

Le varie apparecchiature di selciato unite a quelle di lastricato offrono diverse possibili soluzioni (fig. 26).

Il selciato è pure utilizzato per realizzare elementi d'ornamento urbano tridimensionali, come panchine e raccordi per fioriere (figg. 27 e 28).





Viale della Civiltà Italica, EUR (Roma). Gradonata in Bianco di Carrara, selciato e lastricato a elementi rettangolari in porfido.

Fig.26 – Soluzioni ottenibili utilizzando più apparecchiature di lastricato e selciato.



Fig. 27 – Raccordo per fioriera eseguito mediante pavé a elementi rettangolari. Caén (Francia).

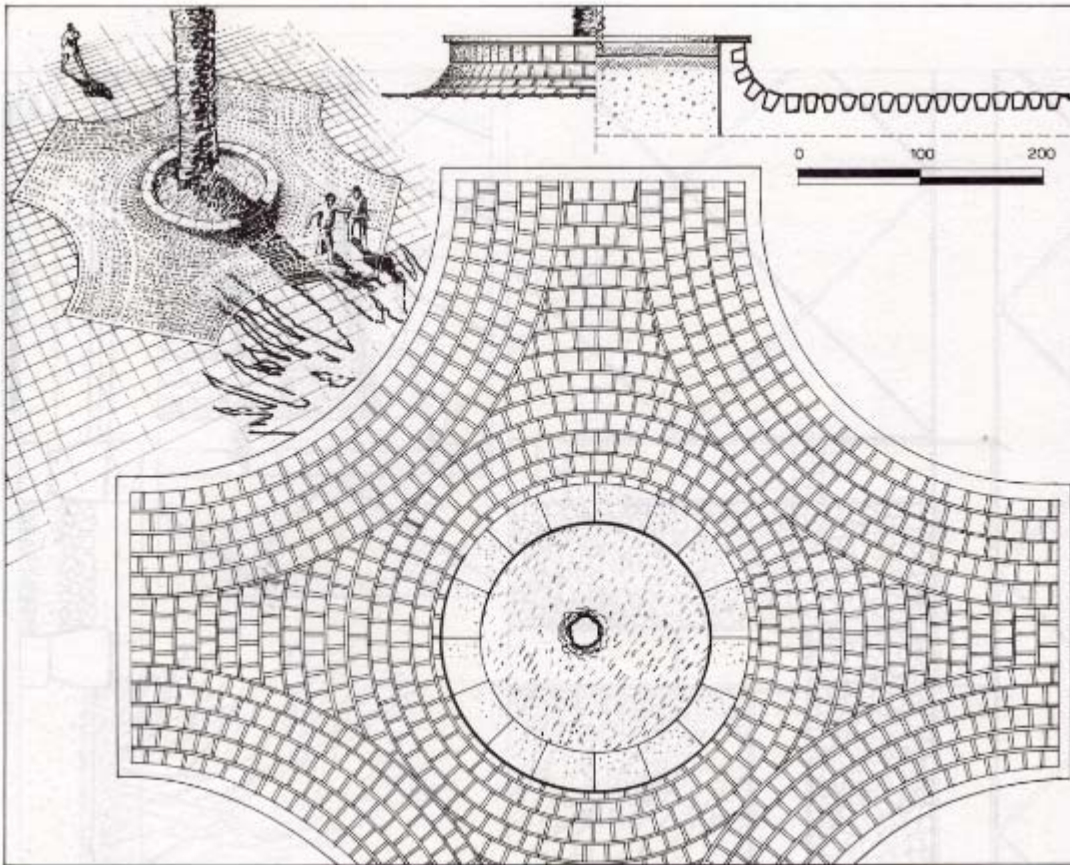


Fig. 28 – pavimentazione in cubetti di granito o porfido con raccordo per fioriera.



Fig. 29a – Praga (Czech Republic). Marciapiede in selciato con cubetti di granito e porfido a costituire riquadrature delimitate dai lastricati dei passi carrabili.



Fig. 29b – Lijnhaan di Rotterdam (Olanda). Attraversamento zebraato eseguito in pavé con elementi di colori differenti.

Fig. 29 – Selciato con apparecchiature, elementi di pietra e colori diversi.

Si possono realizzare *elementi decorativi* o *segnaletiche stradali orizzontali* utilizzando apparecchiature disuguali e/o cubetti di differente colore (cfr. *fig. 29b* e par. 3.4, *fig. 2*).

Dalle soluzioni in precedenza esaminate, si caratterizzano quelle che, pur utilizzando i medesimi materiali e le stesse tecniche, si prefiggono di raggiungere finalità figurative e simboliche. Infatti, sono molteplici le esecuzioni risalenti a epoche passate nelle quali è stato utilizzato il selciato e, più in generale, pavimentazioni a elementi di ridotte misure, come certi tipi di lastricati e l'acciottolato (cfr. par. 4.3). Ad esempio nelle città italiane ed europee ci sono tante pavimentazioni storiche che presentano simboli di stemmi nobiliari, rose dei venti, mappe urbane etc.

4.2.1 Realizzazione delle pavimentazioni in cubetti

Verificata la corrispondenza del sottofondo ai valori prestabiliti di quote e resistenza si procede all'attuazione della pavimentazione: posa e disposizione dei cubetti, su uno strato di sabbia, secondo l'apparecchiatura desiderata.

Spessore pavimentazione

A fine lavoro lo strato di sabbia deve avere all'incirca lo spessore di 4-6 cm, perciò l'altezza complessiva della sovrastruttura, per i vari tipi di cubetti, sarà quella riportata in *tabella* (*fig. 30*).

Dovendo la pavimentazione ultimata rispettare prefissate quote fisse, la parte superiore del sottofondo dovrà pertanto trovarsi tot centimetri più in basso della superficie di rotolamento, secondo il tipo di cubetti da utilizzarsi.

Tipo cubetti	Altezza complessiva pavimentazioni (cm)
4/6 cm	9/10 circa
6/8 cm	12/13 circa
7 – 8/10 cm	15/16 circa
10/12 cm	17/18 circa

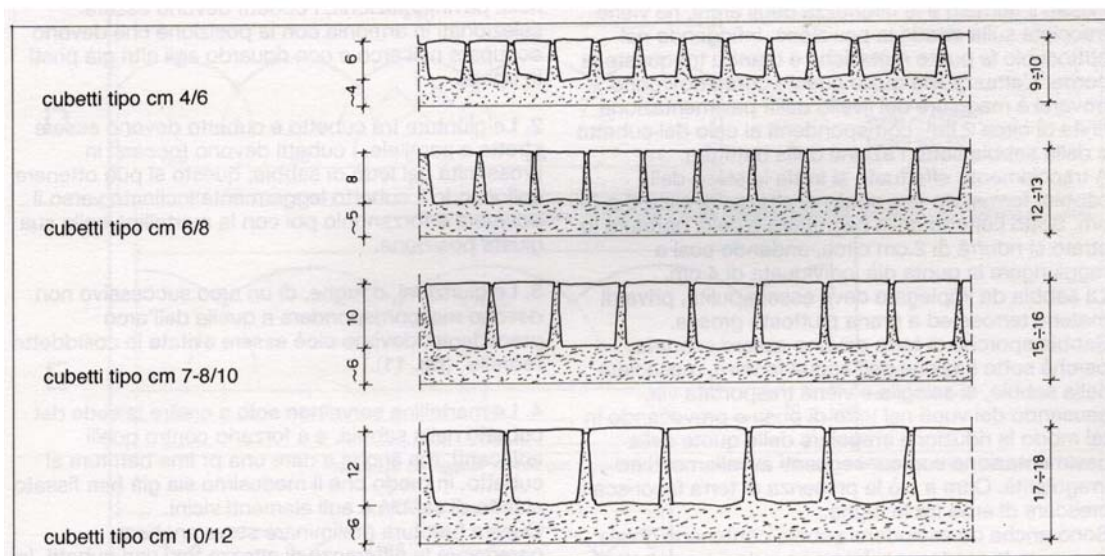


Fig. 30 – Sovrastrutture in selciato e loro spessori (strato di sabbia incluso).

Tracciamento del lavoro

Per un corretto utilizzo dell'apparecchiatura ad archi contrastanti si devono prendere in considerazione, all'infuori delle regole usuali e delle delimitazioni specificate per le grandezze dei medesimi, gli scarichi, le pendenze, le soglie, i punti obbligati e in modo particolare le più generali necessità artistiche.

Le strade da selciare possono presentare ampiezze diverse, che di solito rimangono invariate. In relazione alla larghezza della via e al tipo di cubetti da utilizzare si effettua la distribuzione degli archi e il tracciamento del lavoro.

Le lunghezze delle corde, in relazione alle misure dei cubetti, sono precisate nella *tab. 1* (pag. 70).

Rileviamo che le lunghezze delle corde non sono invariabili: possono essere modificate di qualche centimetro, permettendo così una rigorosa ripartizione in rapporto all'ampiezza della via. Principio basilare è che ai margini della strada debbano sempre disporsi due semi-archi.

Per di più, nel caso di percorsi a sezione trasversale convessa, gli archi devono essere sempre in numero pari affinché quello situato nel centro sia simmetrico rispetto all'asse della strada. Qualora fossero invece in numero dispari, sull'asse sopraccitato verrebbero a trovarsi gli elementi d'imposta comuni degli archi contigui. Questa sarebbe pertanto una situazione inadeguata dal punto di vista dell'estetica, della resistenza e della maggiore problematicità del posatore.

Nella *fig. 31* vengono illustrati alcuni esempi (A, B, C e D) di spartizione della larghezza stradale per rendere più comprensibile il concetto.

A volte può succedere che l'ampiezza della via non permetta la suddivisione in numero pari di archi; in tal caso si può rimediare a questa circostanza sfavorevole collocando ai margini della pavimentazione una o due file di cubetti, denominate *guide*, disposti parallelamente all'asse stradale e aventi dimensioni all'incirca identiche o superiori a quelle degli elementi del selciato, (*tab. 1, cap. II*). Teniamo presente che nella capitale le guide presentano configurazioni geometriche di dimensioni doppie rispetto a quelle dei quadrucci.

Tale accortezza si può utilizzare anche nel caso in cui il percorso stradale non abbia sempre larghezza costante, oppure sia privo di una cunetta ai margini che si potrà però realizzare con la guida o, come nel caso E di *fig. 31*, con una serie di due piastrelle.

La soluzione che si adotta in via di principio consiste nel predisporre le guide ai bordi della pavimentazione, magari eseguite con un solo corso di cubetti. Ovviamente nel caso di sovrastrutture prive di pendenze laterali la determinazione del valore della corda (c), sottomultiplo della larghezza della strada, sarà più facile e il numero degli archi potrà essere sia pari sia dispari.

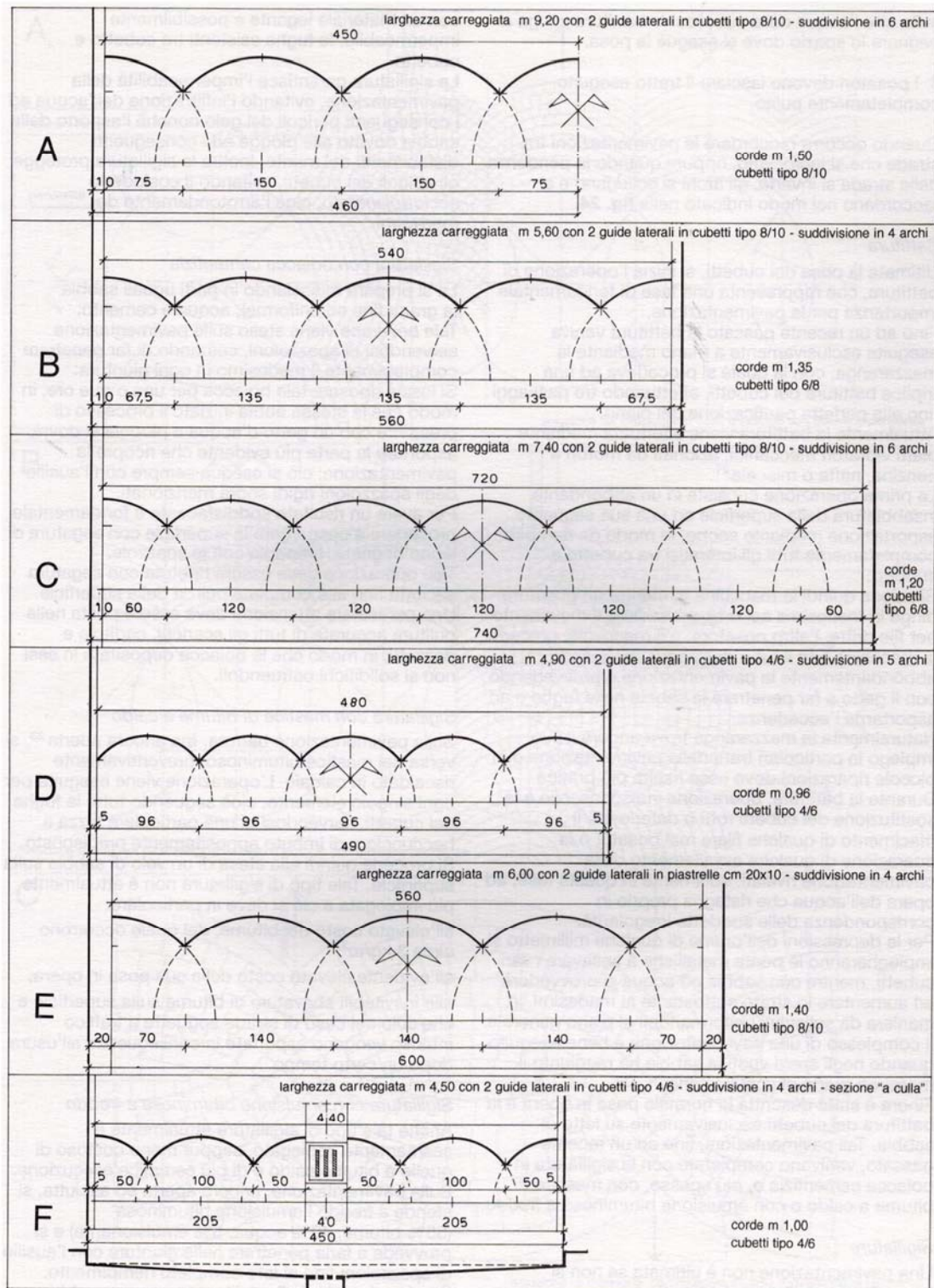


Fig. 31 – Ripartizione dell'ampiezza trasversale di una strada in rapporto all'apparecchiatura ad archi contrastanti per sovrastrutture in selciato.

Pendenze trasversali

Di solito le strade urbane a elementi presentano sagome trasversali a doppia falda per favorire il deflusso delle acque meteoriche o di lavaggio dalla mezzeria verso le cunette, ove sono sistemate appropriate caditoie.

Pendenze che variano dall'1 al 2%; d'altro lato con l'introduzione delle norme sull'accessibilità, le nuove realizzazioni non possono superare l'1%.

Capita pure di trovarci di fronte a sezioni stradali in cui la pendenza della pavimentazione è verso il centro e la sagoma è del tipo rappresentato in *fig. 31*, esempio F: a volte per esigenze di progetto e altre ancora perché ci si trova in presenza di percorsi storici.

In questo caso per la suddivisione degli archi si considerano due semi-strade: si posiziona/no in mezzeria una o più guide situate ad uguale distanza, avente/i la stessa larghezza delle caditoie, che farà o faranno poi da sostegno ai semi-archi. Le guide centrali di queste vie sono realizzate ponendo in parallelo due file di piastrelle aventi il lato di 20 cm oppure dei cubetti per una larghezza pari a 40 cm, perché spesso di misura eguale a quella delle caditoie.

Letto di posa

Prestabilita l'ampiezza e il numero degli archi, si procede con il tracciare sulla superficie del sottofondo, in calcestruzzo o di una preesistente massicciata, la loro posizione conficcando in esso delle punte metalliche e tendendo tra queste le corde. Siccome la sabbia e i cubetti, dopo la battitura, subiscono un abbassamento di circa 2 cm, le corde dovranno essere poste a un'eguale altezza rispetto la pavimentazione ultimata.

Subito dopo si procede con la stesa della sabbia, costituendo mediamente uno strato dello spessore di circa 6/7 cm. Umidificazione e battitura ridurranno lo spessore dello strato di circa 2 cm, conseguendo così la quota prestabilita. La sabbia da utilizzare deve essere priva d'impurità (argilla, limo, materia organica etc.) e avere granulometria abbastanza grossa. Sabbie non rispondenti ai requisiti vanno escluse nel modo più assoluto, perché eventuali infiltrazioni d'acqua asporterebbero la terra in essa contenuta, dopo averla disciolta. Nello strato di sabbia verrebbero così a crearsi delle piccole cavità con conseguenti irregolarità e abbassamenti della pavimentazione; d'altra parte la presenza di terra tra i giunti dissestati agevolerebbe la crescita dell'erba.

L'impiego di sabbia contenente ghiaia va escluso nel modo più assoluto, perché le dimensioni dei granuli sarebbero tali da impedire un'adeguata unione tra i cubetti.

Anche la sabbia del mare va esclusa, per gli stessi motivi già visti nel caso delle rene terrose, perché contiene alte percentuali di sale che tenderebbe a sciogliersi una volta venuto a contatto con l'acqua utilizzata durante la battitura o per le precipitazioni meteoriche.

Messa in opera

Per realizzare una pavimentazione a regola d'arte si devono osservare le seguenti norme basilari:

a) come già evidenziato i cubetti più grandi devono essere posizionati al centro degli archi (chiave), invece quelli più piccoli verranno messi all'incrocio dei medesimi (imposta).

Utilizzare elementi di grandezza decrescente, dalla chiave all'imposta, è una necessità giacché ci permette di realizzare archi a raggi di curvatura costanti (v. apparecchiature). Facendo ciò, si presenta però un inconveniente: essendo variabile l'altezza dei cubetti, lo spessore dello strato di sabbia, sottostante gli elementi di chiave, si riduce sensibilmente (a circa 2 cm).

Com'è noto, i materiali lapidei si estraggono dalle cave e sono lavorati all'aperto: ai blocchi, ottenuti facendo brillare le mine, si dà in sito una lavorazione sommaria giacché facilitata dall'acqua di cava in essi presenti. Laddove le operazioni successive si eseguono in stabilimento, dove ognuno degli elementi viene anche controllato e selezionato. Tuttavia può sempre accadere che inavvertitamente alcuni cubetti presentino dei difetti oppure che, nell'azione di carico e scarico, qualcuno di essi possa essersi rotto. Pertanto ne consegue che il posatore debba avere la capacità di esprimere una valutazione sulla lavorazione e sulle caratteristiche degli elementi che dovrà utilizzare. In definitiva spettano all'operaio, incaricato della posa in opera, le verifiche finali e quindi la possibile decisione di eliminare i cubetti non idonei, poiché su di lui ricade la responsabilità di un'eventuale realizzazione di poco pregio;

b) le committiture (o giunture) degli elementi devono essere parallele e di piccolo spessore. Il posatore deve collocare ciascun cubetto lievemente inclinato verso di sé, per poi forzarlo con la martellina nella sua esatta posizione, perché devono toccarsi nei pressi dello strato di rena;

c) le giunture (o giunzioni) di archi longitudinalmente contigui non devono mai trovarsi allineate (*fig. 21*);

d) il posatore deve usare la martellina per fare il buco nel letto di sabbia ove collocare il cubetto e premerlo contro quelli attigui, ma pure per dargli i primi colpi di assestamento in modo che lo stesso venga immediatamente bloccato

agli elementi adiacenti e allo strato di arena. Con la battitura di posa si portano pure allo stesso livello (si pareggiano) le diverse altezze dei vari elementi, in tal modo la superficie della pavimentazione presenta una configurazione regolare e, fin d'ora, le pendenze prestabilite;

e) le maestranze specializzate devono iniziare la messa in opera dei cubetti nel punto più basso della via e la concavità degli archi va rivolta verso il basso. Procedendo in questo modo si facilita il lavoro e si esclude che l'acqua, della susseguente battitura, bagni la zona in cui si effettua la posa;

f) la porzione di pavimentazione ultimata va lasciata perfettamente pulita, da parte dei posatori.

Nella (*fig. 32*) viene illustrato come si raccordano le inversioni di pendenza delle pavimentazioni ad archi contrastanti ed i collegamenti delle medesime negli incroci stradali.

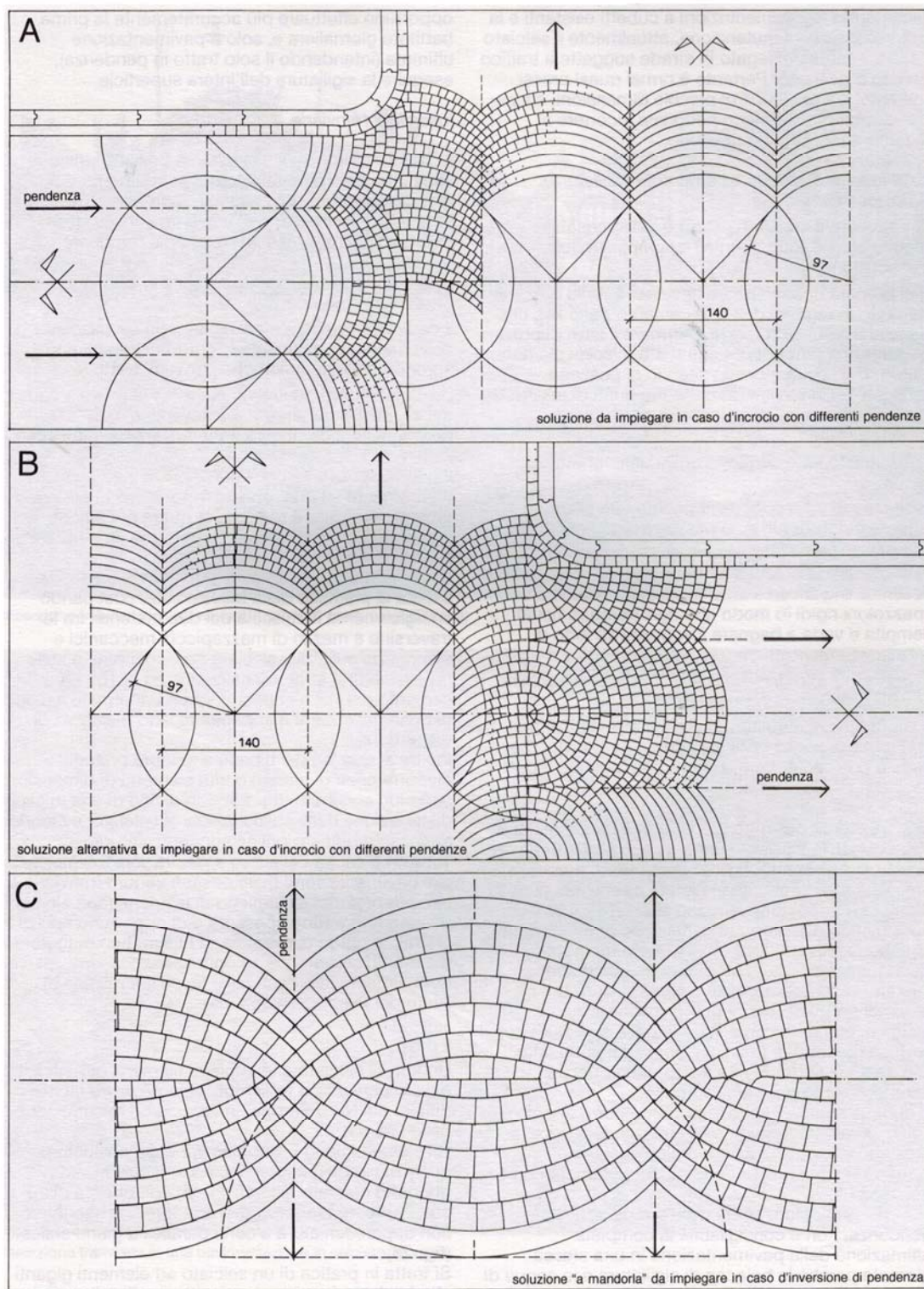


Fig. 32 – Alcune soluzioni di raccordi tra tragitti stradali, con apparecchiature ad archi contrastanti per sovrastrutture in selciato.

Battitura

Una volta completata la sistemazione degli elementi si procede con l'azione di battitura generale, che per la stessa pavimentazione rappresenta un'operazione di notevole rilevanza.

Fino a qualche decennio fa la battitura era effettuata soltanto a mano con le mazzeranghe a testa piccola, al fine di colpire un elemento per volta, e con le quali si eseguivano tre battiture per ogni cubetto, realizzando altrettanti passaggi fino a una completa livellatura del piano superficiale della pavimentazione.

Tuttavia la mazzeranga è ancora adoperata per accomodate di modesta entità, o per tratti specifici della sovrastruttura, essendo essa di facile utilizzo.

Al presente la battitura è eseguita meccanicamente per mezzo di *piatti vibratori*, messi in azione da motori alternativi a combustione interna, il cui peso può variare dai 60 ai 150 kg.

Innanzitutto la pavimentazione è insabbiata abbondantemente, per poi essere in seguito ripulita con le scope e facendo in modo che i vuoti tra i cubetti rimangano del tutto riempiti.

Mentre un posatore mette in funzione l'attrezzo, dirigendone il movimento per linee rette, ce n'è un secondo, o un manovale, che bagna la pavimentazione con l'acqua dinanzi la macchina, in modo diffuso e abbondante, e facendo sì che il getto fluido faccia penetrare i granelli d'arena nelle fughe e togliere per contro quelli in eccesso.

Nel corso della battitura può succedere che si debbano rifare alcune file di cubetti mal collocati, rimpiazzare eventuali elementi danneggiati o ridotti a pezzi e rimediare agli infossamenti che si rendessero visibili con la presenza dell'acqua stagnante. Saranno utilizzati attrezzi metallici appuntiti per sollevare i cubetti, appartenenti agli avvallamenti, di alcuni millimetri, dopodiché con nuove aggiunte di sabbia e acqua s'incrementerà lo strato che sta sotto di ognuno, in modo tale da innalzarli e uniformarli così al piano pavimentale.

Una pavimentazione è bene eseguita quando la sabbia che occupa le giunture ha raggiunto la massima densità.

Sigillature

Fino a qualche decennio fa, siffatte pavimentazioni erano ultimate sigillando i giunti con boiaccia cementizia o, più frequentemente, con mastice di bitume a caldo o con emulsione bituminosa a freddo.

La sigillatura dei giunti delle pavimentazioni a elementi ha lo scopo di preservare gli spigoli dei cubetti dallo smussamento, ma soprattutto di renderle im-

permeabili alle infiltrazioni dell'acqua: evitando così i devastanti inconvenienti dovuti al gelo e le azioni erosive delle stesse sulla sabbia, con la conseguente distruzione del manto.

Sigillatura con bitume a caldo

Avvenuto l'assestamento della pavimentazione e, se necessario, dopo essere stata lavata con getto d'acqua o aria a pressione, i giunti sono sigillati versando in essi del mastice bituminoso, precedentemente riscaldato a circa 160°C in piccole caldaie mobili. Per tale procedimento è utilizzato un imbuto appositamente preparato oppure una speciale tazza a beccuccio. Dopodiché si prosegue alla stesa di uno strato molto sottile di sabbia sulla superficie.

Al presente questo tipo di sigillatura non si usa più per i seguenti motivi:

- 1) elevato costo della messa in opera;
- 2) costo notevole del bitume (quantitativo necessario circa 3/4 kg/mq);
- 3) tracce di bitume sulla superficie, eliminabili soltanto per usura nel corso del tempo nell'eventualità che la via sia soggetta a un traffico intenso.

Sigillatura con emulsione bituminosa a freddo

Questo tipo di sigillatura, pur essendo meno costoso del precedente e di attuazione meno complicata, è ora poco usato. Nei confronti del bitume a caldo, l'emulsione bituminosa presenta lo svantaggio di essere facilmente assorbita dalla sabbia sottostante. Stesa a freddo sulla sovrastruttura a cubetti, non impregnata di umidità, è introdotta nei giunti, fino a totale saturazione, mediante grosse spazzole. La rena prima e la segatura poi sono utilizzate per la pulizia della superficie.

Ricordiamo che la mescolanza del bitume (circa 55 % in peso) con l'acqua (c. 40 % ...), dovendo rimanere stabile, prima della posa, richiede l'aggiunta di emulsionanti in quantità ridotte (c. 5 % ...). La rottura dell'emulsione avviene nel momento in cui essa è introdotta nelle giunture e l'acqua evapora; si devono usare bitumi non molto duri. Le emulsioni bituminose a freddo hanno il vantaggio di essere realizzabili in modo semplice ed anche in condizioni atmosferiche avverse.

Sigillatura con mastice di asfalto

Qualche volta i giunti erano sigillati versando in essi mastice asfaltico,

composto cioè da una miscela di bitume (circa 50 % in peso), sabbia e filler (c. 50 % ...). La sua composizione variava da luogo a luogo; ad esempio in montagna doveva essere più fluido e quindi contenere una maggiore quantità di bitume. Fuori dall'Italia era utilizzato anche un mastice costituito da bitume e segatura (o cotone). Esso era approntato in piccole caldaie mobili, dentro le quali si versava il bitume già riscaldato a 160°C, la sabbia e il filler; il tutto era in seguito rimescolato e scaldato a 160/180°C.

Sigillatura con boiaccia cementizia

E' un miscuglio molto pastoso con eguali dosature, in peso, della sabbia (a grana fine e uniforme), dell'acqua e del cemento.

Per la sigillatura dei giunti si stende sulla pavimentazione tale impasto, usando degli spazzoloni, fino a riempimento a rifiuto delle giunture. In funzione del clima della zona, della stagione e delle condizioni atmosferiche la boiaccia, perché inizi la presa, deve essere lasciata riposare per 60/120 minuti, dopodiché con un getto d'acqua a pioggia e con l'aiuto degli spazzoloni si pulisce la superficie della pavimentazione. Per un'accurata pulizia è necessario cospargere la segatura impregnata di acqua sulla superficie, dopodiché strofinarla con rigide spazzole; procedimento che va poi ripreso con segatura asciutta, fino a ottenere una buona pulizia della pavimentazione.

Una pulitura accurata va poi riservata alle caditoie, ai pozzetti e a tutti gli scari-chi in genere, al fine di evitare che la boiaccia presente in essi solidifichi.

Oggi i selciati in cubetti sono realizzati molto di rado in strade soggette a traffico veloce e/o intenso, fanno eccezione quelli già esistenti che necessitano di un insieme di operazioni volte a mantenerli in efficienza e in buono stato (manutenzione). Per questo è prassi quasi abituale, sia per piccoli lavori sia per vaste aree pedonali, avvalersi del metodo di seguito esposto.

Posa in letto di sabbia e cemento e sigillatura con boiaccia cementizia

Per la buona riuscita della pavimentazione devono essere osservate le seguenti norme attuative:

- 1) il letto di posa dei cubetti va realizzato a secco, con sabbia e cemento pari a 200 kg/mc di miscela. Tale miscela deve essere omogenea al fine di evitare che la pavimentazione presenti, con il trascorrere del tempo, mancanza di uniformità per quanto riguarda la resistenza e l'impermeabilità;

- 2) gli elementi vanno sistemati a secco su tale strato;
- 3) terminata la posa della pavimentazione, si utilizzano le piastre vibranti per compiere una lieve battuta iniziale;
- 4) la boiaccia cementizia, preparata nel modo già visto in precedenza, una volta versata sulla pavimentazione va poi stesa mediante l'ausilio di spazzoloni rigidi; operazione quest'ultima che dovrà essere eseguita a regola d'arte, al fine di riempire ogni giunto e nello stesso tempo il beverone vada a bagnare il sottostante strato di cemento e sabbia;
- 5) trascorsi 30/60 minuti, dopo aver bagnato la pavimentazione, va eseguita la vibratura conclusiva;
- 6) in fine va effettuata la pulizia della pavimentazione: utilizzando da prima segatura bagnata e poi asciutta, oppure in modo un po' meno efficace con lo spruzzo d'acqua.

Questo metodo, rispetto al precedente, presenta il vantaggio di unire i cubetti, la sigillatura e lo strato di posa sottostante. Per la buona riuscita della presa è fondamentale che l'intero procedimento di posa, battitura e bagnatura (versamento e tiratura della boiaccia) sia ultimato, quando possibile, nella stessa giornata e in condizioni climatiche ottimali (escluse le alte temperature) anche nell'arco di due o tre giorni.

Le operazioni suddette vanno realizzate in un tempo piuttosto limitato, evitando così possibili discontinuità di cementazione tra lo strato di posa e la sigillatura. E' un accorgimento efficace perché tende a ridurre il degrado della sigillatura e ad aumentare la rigidità della pavimentazione. L'entità ammissibile degli intervalli fra le diverse fasi operative è ovviamente strettamente legata alle condizioni climatiche (temperatura, umidità etc.), che condizionano in modo decisivo i tempi di presa del conglomerato cementizio.

Rileviamo che, in un tratto di strada con notevole pendenza, solo dopo avere ultimato l'intera pavimentazione si realizza la sigillatura delle giunture, al fine di evitare che la boiaccia e l'acqua utilizzata per il suo lavaggio vadano a lordare il manto posto più a valle.

Rotaie a raso

Le tranvie sono linee di comunicazione mediante tram in zone urbane ed extraurbane e le rotaie sono a raso perché possano essere attraversate dai veicoli stradali. Anche nelle pavimentazioni a selciato si possono inserire le suddette linee a condizione che l'*armamento* adottato sia *rigido* o *elastico* e realizzato con peculiari caratteristiche. Il più utilizzato è senz'altro l'armamento elastico le cui

traverse si sistemano sulla massicciata.

Purtroppo l'impiego dell'armamento elastico può dare origine ai due seguenti inconvenienti:

- 1) ondulazioni della pavimentazione tra le rotaie, determinate dai cedimenti differenziati delle traversine e della ghiaia fra esse interposta;
- 2) generale cedimento della sede tranviaria (massicciata e armamento), con avvallamenti del profilo trasversale della pavimentazione e il conseguente ristagno delle acque anche per ampi spazi.

Il *primo difetto costruttivo* può essere evitato aggiungendo della sabbia al pietrisco della massicciata; la miscela così ottenuta è compattata fra le traversine, utilizzando mazzapicchi meccanici, al fine di aumentarne la densità e conseguentemente la sua resistenza al taglio. Si stende poi sulla massicciata e sulle traversine uno strato di magrone, contenente cemento in quantità pari a 150 kg/mc di calcestruzzo, per adeguare il piano su cui si poseranno i cubetti e rendere inoltre impossibile la dispersione dello strato di arena.

Per evitare il *secondo difetto costruttivo*, la massicciata in pietrisco deve invece essere costituita da elementi compatti (non intaccati dagli agenti atmosferici o da sostanze corrosive, non fratturati, a bassa porosità, non gelivi e cioè che non tendano a frantumarsi per l'azione disgregante del gelo etc.), tenaci (resistenti alle rotture per urto), idonei a mantenere l'originaria spigolosità (v. coefficiente di abrasione), non perdere polvere etc., un buon coefficiente di attrito interno e una certa densità. Inoltre le speciali rotaie a gola, impiegate nelle tranvie, devono essere tenute a una quota di poco superiore a quella della sovrastruttura a cubetti.

Per ottenere una soddisfacente ripartizione delle sollecitazioni al selciato, evitando così rovinose trasformazioni all'apparecchiatura, ai due lati di ogni rotaia si collocano corsi di binderi o di altri elementi lapidei di misure maggiori a quelle dei cubetti (*fig. 33*).



Fig.33a – Pavimentazione in pavé (L'Aia, Olanda).



Fig. 33b – Pavimentazione in Selciato (Roma).

Fig. 33 – Inserzioni tramviarie nelle sovrastrutture in selciato.

Ciononostante, in conseguenza delle rilevanti sollecitazioni trasferibili alla

pavimentazione a causa delle ponderose vetture tranviarie che dovranno transitare, conviene ricorrere al lastricato, almeno nei dintorni dei binari, con elementi di opportuno e rilevante spessore e pietra dotata di specifiche caratteristiche (c. par. 4.3).

Il pavé

E' un selciato, a elementi di grandi proporzioni, tipico del nord della Francia, del Belgio, degli Stati dell'Europa settentrionale in genere e di alcuni luoghi della Liguria.

Le caratteristiche dimensionali degli elementi sono le più varie, ma quelli usati maggiormente hanno la superficie di marcia quadrata con lato all'incirca di 14 cm e altezza di 20 cm. Abbastanza utilizzati, sono anche gli elementi con la faccia in vista rettangolare e per quanto concerne l'apparecchiatura si preferisce la disposizione a corsi paralleli e giunti sfalsati (*fig. 34*).



Fig. 34a – Versailles (Parigi).



Fig. 34b – Parco de La Villette (Parigi): pedonale in pavé.

Fig. 34 – Sovrastrutture in pavé, con disposizione degli elementi a corsi paralleli e giunti sfalsati.

Di solito come materiale s'impiega il *granito*, l'*arenaria silicea* (roccia sedimentaria costituita da sabbia cementata) e la *quarzite* (roccia dura e compatta di origine metamorfica, costituita essenzialmente da quarzo); la parte superiore di ciascun elemento coincide con il piano di pioda (o verso).

Gli elementi sono collocati su uno strato di sabbia, oppure nei modi già illustrati a proposito degli altri selciati.

Il pavé, essendo dotato di una superficie molto ruvida, è molto impiegato nei percorsi stradali di notevole pendenza e situati in territori con clima umido e presenza frequente di freddo intenso, con conseguente formazione di ghiaccio. Per le peculiarità già evidenziate in precedenza, le superfici di rotolamento delle ripide strade carreggiabili in tal modo eseguite non hanno l'esigenza di essere lavorate a punta o a scalpello.

Le sovrastrutture con smolleri

Le pavimentazioni, eseguite con *smolleri di porfido*, presentano una rilevante ruvidezza. Se tali elementi s'impiegano di costa, le sovrastrutture aumentano in modo notevole il numero dei giunti e conseguentemente l'aderenza delle loro superfici di marcia: rendendole così adatte a qualsiasi percorso stradale,

soprattutto a quelli che hanno pendenze rilevanti e che si trovano in montagna, dove gelo e neve sono presenti per molti mesi l'anno.

Le caratteristiche dimensionali degli smolleri sono: lunghezza a correre, larghezza 8-13 cm e spessore 3-10 cm; presentano quindi una forma molto più allungata e sottile degli elementi adoperati nel pavé.

Pur non essendo gli elementi utilizzati di dimensione uniforme, tali sovrastrutture possono essere incluse nel raggruppamento dei selciati.

Cubetti predisposti in moduli per sovrastrutture

Sovente si utilizzano i moduli in cubetti, opportunamente composti in stabilimento, allo scopo di snellire il lavoro dei posatori nella costruzione delle sovrastrutture in selciato, con la conseguente diminuzione dei costi.

Siffatti modelli sono prodotti in serie mediante l'ausilio di stampi preparati in modo adeguato, sul loro fondo è steso uno strato di calcestruzzo e poi collocati, seguendo prefissati disegni, i cubetti.

Completata la presa, i moduli sono liberati dalle armature (disarmati) e trasferiti al luogo di destinazione per essere messi in opera.

Utilizzando geometrie di posa differenti si possono ottenere parecchi elementi decorativi (motivi); pertanto sono diverse le forme utilizzate per produrre i moduli, essendo strettamente collegate alla ripartizione dei cubetti (*fig. 35*).

Suddetti moduli, prodotti in diverse forme e misure, sono inoltre forniti di brevetto. Quelli illustrati in *fig. 35* (riprodotti dal catalogo) sono realizzati dalla Lombarda Graniti di Besozzo (VA)-Patmas International Patent.

Parecchi dei suddetti elementi sono eseguiti in due diverse versioni al fine di soddisfare ogni richiesta; i cubetti maggiormente utilizzati presentano le misure (cm) 5/7, 6/8 o 7/7 dei quadrati di marcia oppure, meno frequentemente, i valori (cm) 8/10 o 10/10.

Colorazioni e qualità tecniche dei cubetti dipendono ovviamente dal tipo di roccia utilizzata. Sono molto usati i graniti (rosa, bianco, rosso giallo e nero), i porfidi (violetto, grigio e misto) e il Bianco di Carrara.

La forma del modulo condiziona la scelta del tipo di roccia; in esso sono pure inseriti cubetti, ottenuti da pietre di natura diversa, disposti a motivo ornamentale. Altre volte per rendere più bella, più attraente una pavimentazione sono preparati dei moduli di diverso colore, utilizzando cubetti ricavati da differenti tipi di rocce.

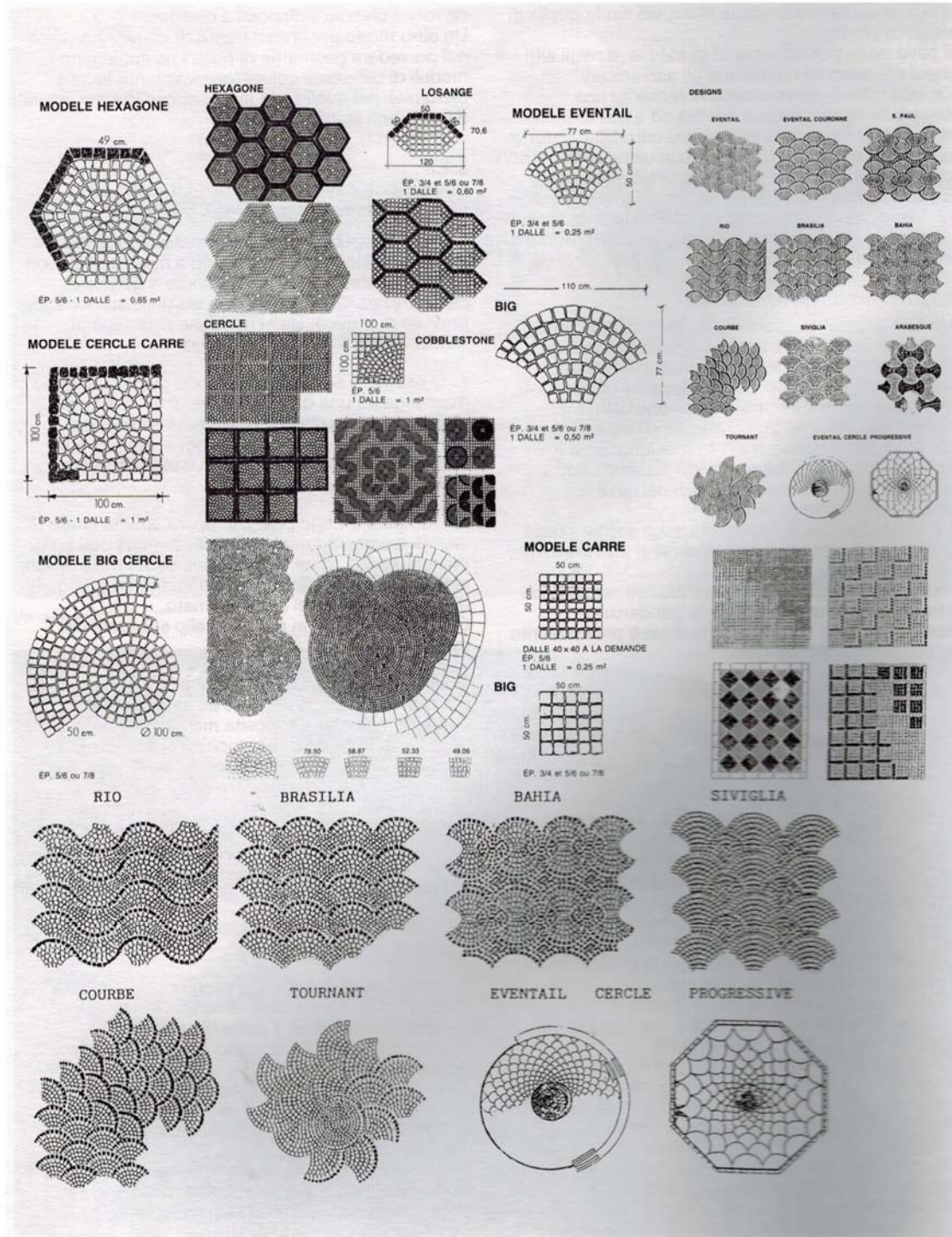


Fig. 35 – Geometrie di posa realizzabili mediante l'utilizzo di cubetti predisposti in moduli per pavimentazioni.

4.2.2 Realizzazione delle sovrastrutture mediante cubetti predisposti in moduli

In relazione al traffico previsto, alle condizioni climatiche del luogo e alla natura del terreno di fondazione la messa in opera di tali elementi, provenienti dallo stabilimento, si attua su uno strato in calcestruzzo oppure su una massicciata (strato di ghiaia e sabbia compressi). Tale procedura è simile a quella già descritta per i selciati:

- 1) la superficie superiore del sottofondo va tenuta a una quota più bassa di 6-10-12 cm rispetto al piano stradale; inoltre è previsto che il piano di posa, per lo scolo delle acque, abbia un'adeguata pendenza;
- 2) un ulteriore strato asciutto di sabbia e cemento, mescolati tra loro nel rapporto massimo di 100 kg di legante per 1 mc di inerte, viene predisposto sotto i moduli. Per livellare questo strato, a una quota inferiore di 3-8 cm al piano viabile (in rapporto alla grossezza del modulo da collocare), si ricorre all'impiego di una staggia, ossia di un'asta di legno o di alluminio;
- 3) al termine della posa in opera degli elementi prefabbricati è spruzzata l'acqua sulla pavimentazione e a seguire si prosegue con la battitura, utilizzando un adeguato vibrocostipatore. Con questo vibratore, dotato di una piastra che vibra in direzione verticale, si costipa il manto stradale sottoponendolo a ripetute compressioni fino a un completo appianamento. Tale lavoro va realizzato con la massima precisione onde mascherare le giunture fra i moduli, al fine di far sembrare il tutto come una normale sovrastruttura a selciato.

Nei percorsi coperti è opportuno collocare suddetti elementi tramite malta cementizia;

- 4) in conformità a quanto già esposto per i selciati, le giunture sono sigillate con una boiaccia molto molle di sabbia a grana fine, cemento e acqua mescolate in parti uguali. Si deve inoltre prestare la massima diligenza affinché si realizzi la globale saturazione delle commettiture. Questo procedimento può essere perfezionato aggiungendo al predetto miscuglio appropriati prodotti chimici (acrilici).

A volte i giunti vengono anche sigillati spargendo rena molto sottile sulla pavimentazione, che poi è irrorata con acqua in grande quantità allo scopo di agevolare l'introduzione della stessa negli interstizi. Così operando, vengono, però, a crearsi delle disomogeneità con le giunture sigillate con boiaccia cementizia;

- 5) a tempo debito è realizzata con cura la pulitura del manto superficiale attraverso spruzzi d'acqua opportunamente orientati, oppure mediante l'ausilio

di una macchina dotata di spugna girevole. Alla fine si strofina la pavimentazione prima con segatura inzuppata di acqua e poi asciutta.

Una meticolosa pulizia va pure riservata alle caditoie, ai pozzetti, agli scarichi etc., evitando così che la boiaccia in essi presente si consolidi occludendoli;

6) in relazione alle condizioni climatiche del posto, la sovrastruttura può essere utilizzata dopo 5-15 giorni dal suo completamento.

4.3. Il lastricato

Già gli antichi romani utilizzarono i lastricati nella costruzione delle strade militari, ma un loro massiccio impiego nelle vie dei centri urbani si ebbe solo nel medioevo e ove, ora, sono ancora i più diffusi. Ciò è dovuto al fatto che tali pavimentazioni presentano una notevole resistenza e durata (persino 7-8 lustri), ridotte spese di manutenzione ed elevato valore artistico, ottenibile pure accostando elementi lapidei di diversa natura. Presentano però un duplice inconveniente: elevata rumorosità e notevole resistenza al moto dei veicoli.

Le sovrastrutture esprimono un parametro di comparazione per analizzare il livello di cultura e di progresso materiale, sociale e spirituale raggiunto da un popolo. I lastricati rispecchiano certamente lo sviluppo più progredito per quanto riguarda tale punto di vista del costruito.

Secondo la tradizione le lastre si classificano, in base alle loro dimensioni, nel modo che segue:

Tipo	Spessore	Diagonale
Sottile	1-2,5 cm	25-30 cm
Normale	2,5-5 cm	25-30 cm
Gigante	3-7 cm (pure fino a 20 cm e oltre)	40-50 cm e oltre

Come si può constatare si usano lastre di dimensioni non esagerate, in modo tale da sfruttare al meglio i blocchi di pietra che si estraggono dalle cave e nel frattempo tentare pure di scansare il fenomeno del cullamento, che si può presentare quando un carico mobile sta per giungere sul bordo dell'elemento.

Il materiale impiegato non deve, ovviamente, deteriorarsi facilmente in seguito all'operato dei microrganismi e all'azione degli agenti atmosferici che si estrinsecano con azioni chimiche, fisiche e meccaniche.

A tal proposito le *rocce eruttive* (porfido, basalto e granito) sono destinate a durare più a lungo, a seguire *quelle calcaree* e per ultime le *arenarie* (spesso ge-

live).

Al fine della resistenza all'usura, il comportamento delle rocce è rappresentato da una classificazione analoga alla precedente. I materiali lapidei che presentano i migliori requisiti sono quelli che tendono a conservare la superficie ruvida, pur essendo soggetti a un uso prolungato; ciò in modo particolare se la sovrastruttura è riservata ai veicoli.

Una scelta diligente delle rocce da adoperare, naturalmente, è strettamente unita ai requisiti ambientali, di bellezza, di resistenza e conseguentemente progettuali. Se fattibile è perciò conveniente l'utilizzo dei materiali lapidei del luogo, anche perché facilmente reperibili e a prezzi inferiori.

Le lastre quadrate e rettangolari, di dimensioni diverse, sono al presente gli elementi maggiormente usati nei lastricati; questo secondo le necessità, dell'utilizzo e del tipo di pietra impiegata.

I lati maggiori degli elementi rettangolari possono essere superiori anche a 1 m e di solito sono pari a 1,5-2 volte quelli inferiori. In attinenza alla natura e al flusso del traffico ipotizzato, alla lavorabilità e alla resistenza della pietra adoperata le grossezze delle lastre possono variare da qualche centimetro ai 20 cm e oltre.

Teniamo pure presente che, per motivi di resistenza alle sollecitazioni, le lastre di notevole estensione sono adoperate quasi esclusivamente nelle sovrastrutture pedonali (*figg. 36 e 37*).

Infatti, i materiali lapidei utilizzati nelle pavimentazioni presentano un'alta resistenza alle sollecitazioni di compressione e molto meno invece a quelle di flessione, trazione e taglio.

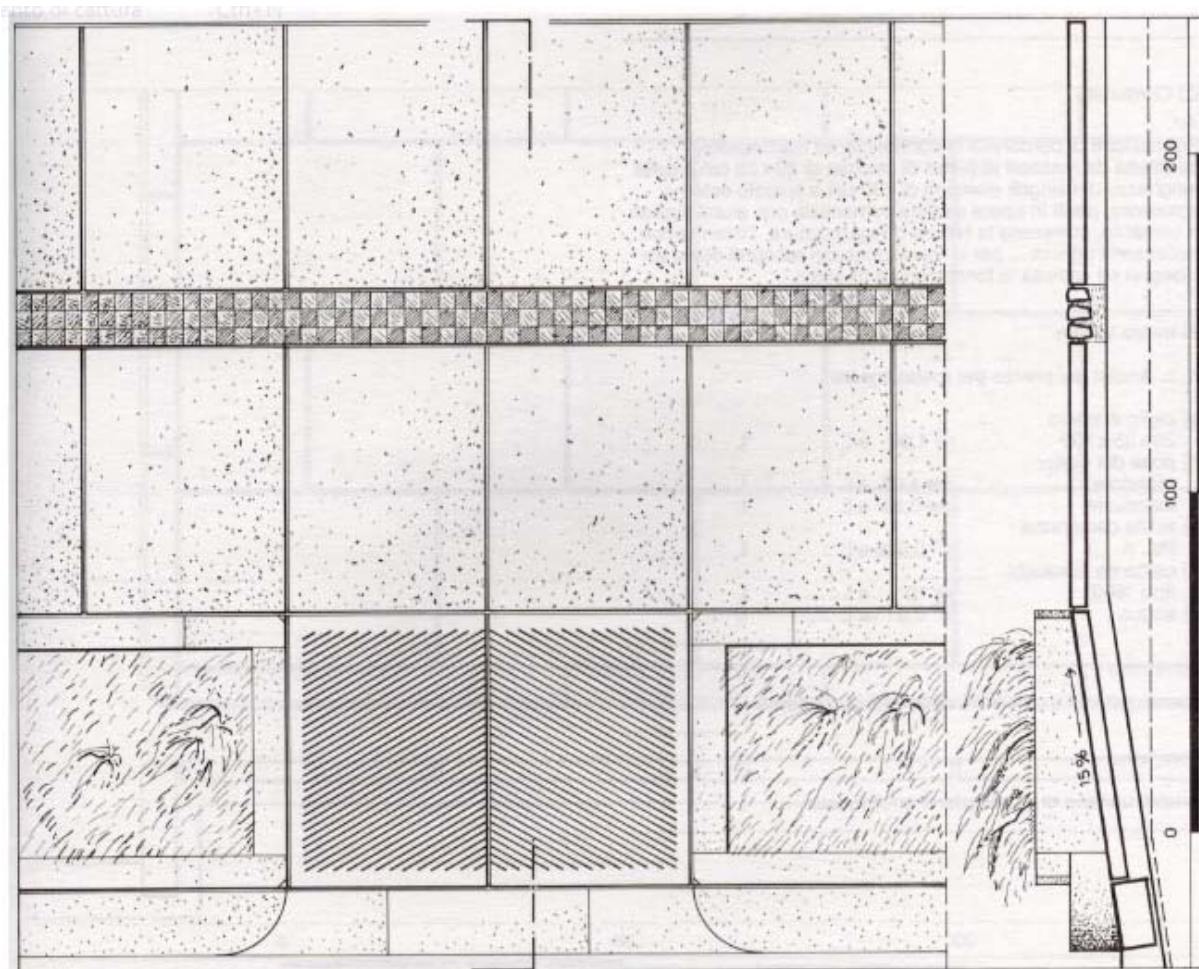


Fig. 36 – Marciapiede “all’americana” in lastre di pietra, con ricorsi di cubetti in granito o porfido.

La parte superiore di una lastra di pietra, detta superficie di marcia o in vista, si ottiene di solito dalla pioda (o verso) di spacco ed è lavorata a punta mezzana. Di frequente gli spigoli delle superfici in vista sono rifilati a scalpello per una larghezza di circa 2 cm. Queste strisce (fascette) marginali o perimetrali, lavorate a grana fine e denominate *cordelle*, sono eseguite al fine di agevolare una corretta posa in opera dei masselli, altrimenti assai complessa per la scabrosità delle suddette superfici.

Naturalmente tale lavorazione riguarda anche i bordi superiori delle superfici laterali. I fianchi degli elementi, sbozzati utilizzando un grosso scalpello a punta piramidale (*subbia*), possono essere inclinati verso l'interno, a iniziare da metà spessore in giù, e a strapiombo di 2,5 cm; diversamente si possono smussare gli spigoli inferiori.

Mentre per la superficie di posa non si esegue alcuna sbozzatura, si conserva greggia di frattura.

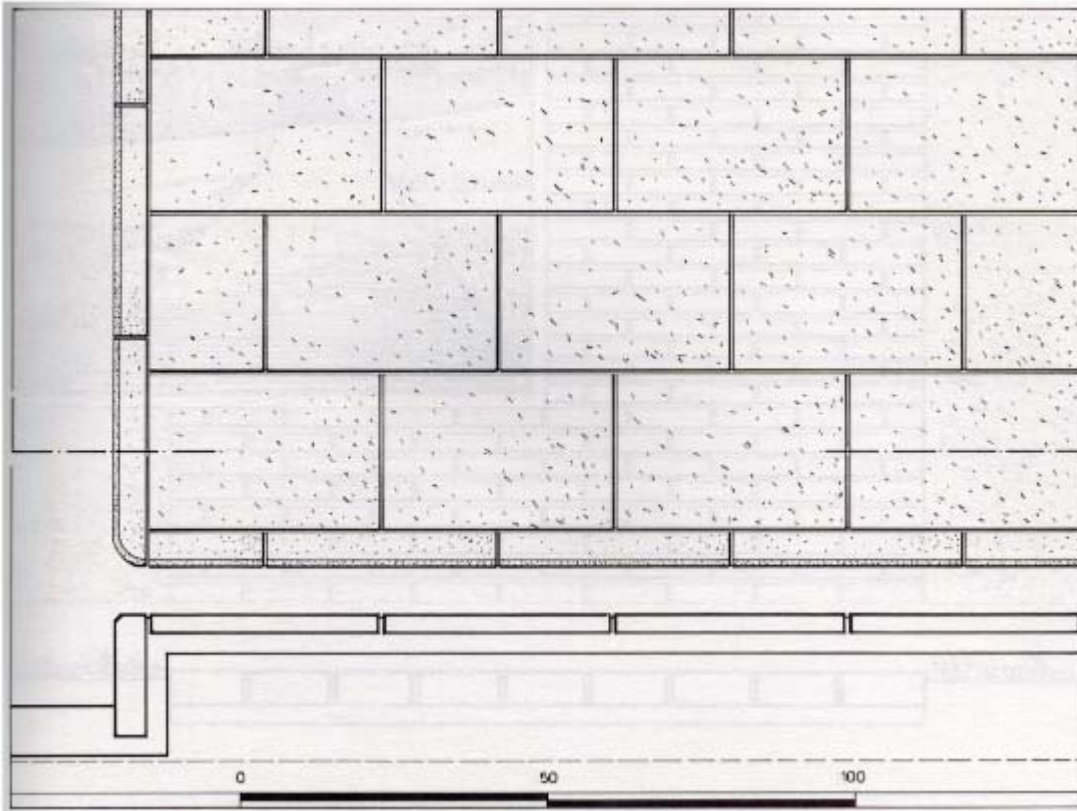


Fig. 37 – Percorso pedonale in lastre lapidee.

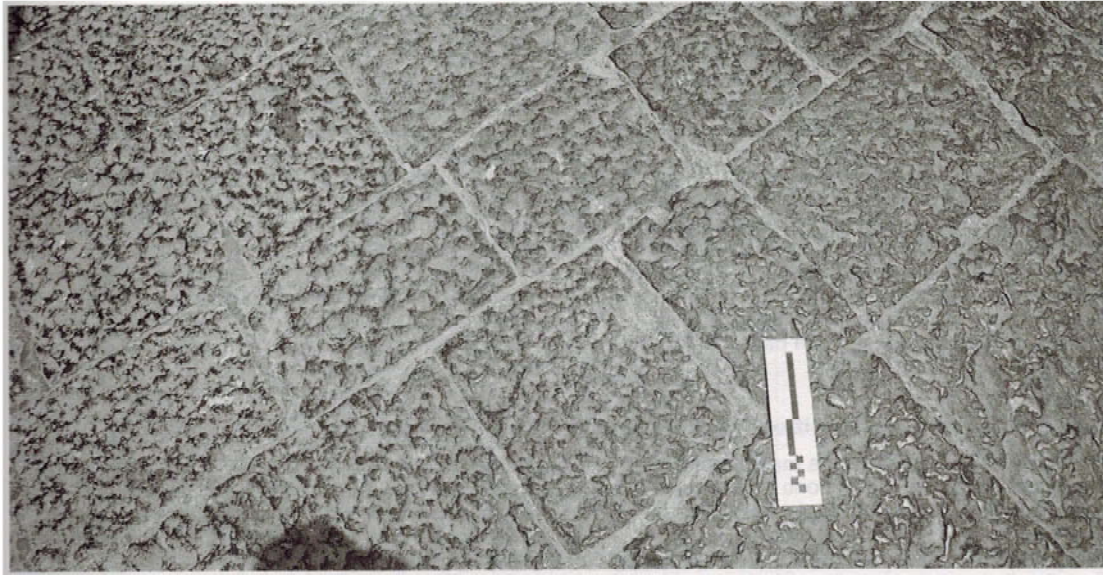


Fig. 38a – Capri (NA): lastricato in Vesuvite.



Fig. 38b – Lastricato in lava con superfici (50x70 cm) dotate d'incisioni oblique, ideali per sovrastrutture in pendenza (Roma).

Fig. 38 – Lastricati con superfici in vista lavorate.

In funzione delle sollecitazioni previste per la sovrastruttura, sarà scelto il tipo di lavorazione della superficie in vista (*fig.38*). Cosicché nei percorsi pedonali le superfici sono lavorate con lo scalpello o la bocciarda (grosso martello con bocca munita di punte piramidali) al fine di ottenere sottili scanalature adatte a garantire un valido scorrimento dell'acqua e nello stesso tempo rendere non impossibile o disagiata il movimento. Infatti, ai fini dell'accessibilità, le *superfici di marcia* degli elementi, costituenti la sovrastruttura, non devono presentare rilievi di altezza superiore a 2 mm e giunture di spessore maggiore o eguale a 5 mm (D.M. 14 giugno 1989, n. 236). Anche nei tronchi stradali a scarso traffico veicolare si ricorre al tipo di lavorazione già descritto, per giungere con gradualità fino all'attuazione di scannellature a sezione *triangolare*, con profondità persino superiori a 10 mm, su lastre riservate a rampe carrabili. Di solito i solchi sono realizzati obliquamente, rispetto la direzione del moto, al fine di incrementare la condizione limite di aderenza.

Generalmente le superfici di marcia dei lastricati sono lavorate nei susseguenti modi:

- 1) a *punta fine*, profondità delle incisioni 2-5 mm;
- 2) a *punta mezzana*, profondità dei solchi 5-8 mm;
- 3) a *punta grossa*, profondità delle scanalature 8-12 mm; eseguite con lo scalpello e uniformemente ripartite.

Le ordinarie operazioni volte a mantenere in efficienza e in buono stato un lastricato, d'ideale spessore, devono essere ripetute nel tempo ogni qualvolta le lavorazioni delle superfici in vista sono usurate. Ovviamente la rugosità è rimessa nello stato pristino anche rendendo regolare il possibile aggiustamento delle lastre, in seguito alla diminuzione generale dell'altezza dell'intero manto superficiale, che spesso è attuato con punta mezzana, oppure in qualunque modo come il tipo di traffico esige. Se i masselli sono d'ideale spessore, la *manutenzione ordinaria* può essere eseguita diverse volte senza mettere a repentaglio la robustezza globale della sovrastruttura.

4.3.1 *Tecnica attuativa dei lastricati*

Di solito il sottofondo, ossia lo strato di materiale interposto tra il fondo e il rivestimento esterno, è eseguito in pietrisco ben spianato e compattato con mezzi idonei.

Nei casi in cui siano previste sollecitazioni fuori del comune, si rende però necessario l'utilizzo del calcestruzzo, a volte anche armato. Pertanto devono essere previsti opportuni *giunti di dilatazione* giacché impediscono le fessurazioni dovute al ritiro, alle dilatazioni termiche e alle flessioni conseguenti ai carichi. Al fine di escludere che la pavimentazione possa subire notevoli danneggiamenti, con il trascorrere del tempo, in conseguenza delle predette sollecitazioni, tali giunti vanno pure previsti nel manto lapideo, soprattutto se di grande estensione.

Gli elementi lapidei sono disposti su uno strato di sabbia o malta di opportuno spessore.

Ovviamente la superficie del sottofondo dovrà essere realizzata in maniera tale da essere perfettamente parallela a quella di marcia, affinché lo spessore del letto di posa sia costante.

Generalmente lo spessore del letto di sabbia varia tra gli 8 e i 10 cm su sottofondo in terra battuta o pietrisco e 6 cm su calcestruzzo, mentre la sua granulometria deve essere ben assortita e piuttosto grossa.

Le lastre sono poste in modo che i giunti non siano più larghi di cm 1, anche con l'ausilio dello scalpello per adeguare i fianchi e gli spigoli di aderenza.

Dopodiché la sovrastruttura è bagnata abbondantemente con un getto d'acqua, favorendo in tal modo la fluidificazione dell'arena sottostante e quindi la penetrazione della stessa negli interstizi e nelle eventuali cavità. Questo procedimento è facilitato da un'appropriata battitura dei masselli, realizzata per mezzo di mazzeranghe o con vibratori meccanici a piastre, prestando la massima attenzione a non danneggiare gli elementi.

Al termine di quest'operazione, al fine di pareggiare le superfici in vista delle lastre, le maestranze molto qualificate in questo settore intervengono con lo scalpello.

Nel Veneto, in Toscana e in numerose regioni dell'Italia meridionali è molto usato il metodo di posa su letto di malta (oppure di legante aereo o idraulico).

Tale procedimento, spesso, è utilizzato nell'eventualità che la pavimentazione sia interessata da terreni limosi, argillosi o in ogni caso poco comprimibili, ossia ogni qualvolta sia inevitabile agguagliare la superficie di posa per la specificità del suolo.

4.3.2 L'apparecchiatura

Un tempo, per le sovrastrutture dei percorsi rotabili, si privilegiava la collocazione obliqua dei corsi rispetto all'asse della strada, riducendo così le conseguenze del cullamento e dei sussulti. Inoltre la disposizione con giunti inclinati evitava che le ruote metalliche dei veicoli transitassero lungo le fughe, che sono le zone in cui si sviluppano le maggiori sollecitazioni. Oltre alle azioni dirette sui bordi, che sono le parti più esposte e deboli delle pavimentazioni lapidee, le summenzionate sollecitazioni avrebbero potuto originare pure lo spostamento delle lastre, con conseguente formazione di tensioni nelle loro superfici laterali.

Le disposizioni degli elementi a corsi inclinati rispetto la normale all'asse della via, più adeguate e maggiormente usate (*fig. 39*), sono quelle a 27° (1/2) oppure a 45° (1/1). Nella prima situazione gli spigoli dei masselli, in corrispondenza delle commettiture, subiscono minori deterioramenti al passaggio dei veicoli. Inoltre il numero delle giunture di testa, ortogonali alla linea retta dei corsi, è inferiore e gli elementi tipici d'imposta (pezzi pentagonali) a parità di "larghezza" hanno un'estensione inferiore, pertanto lo sperpero di pietra risulta minore.

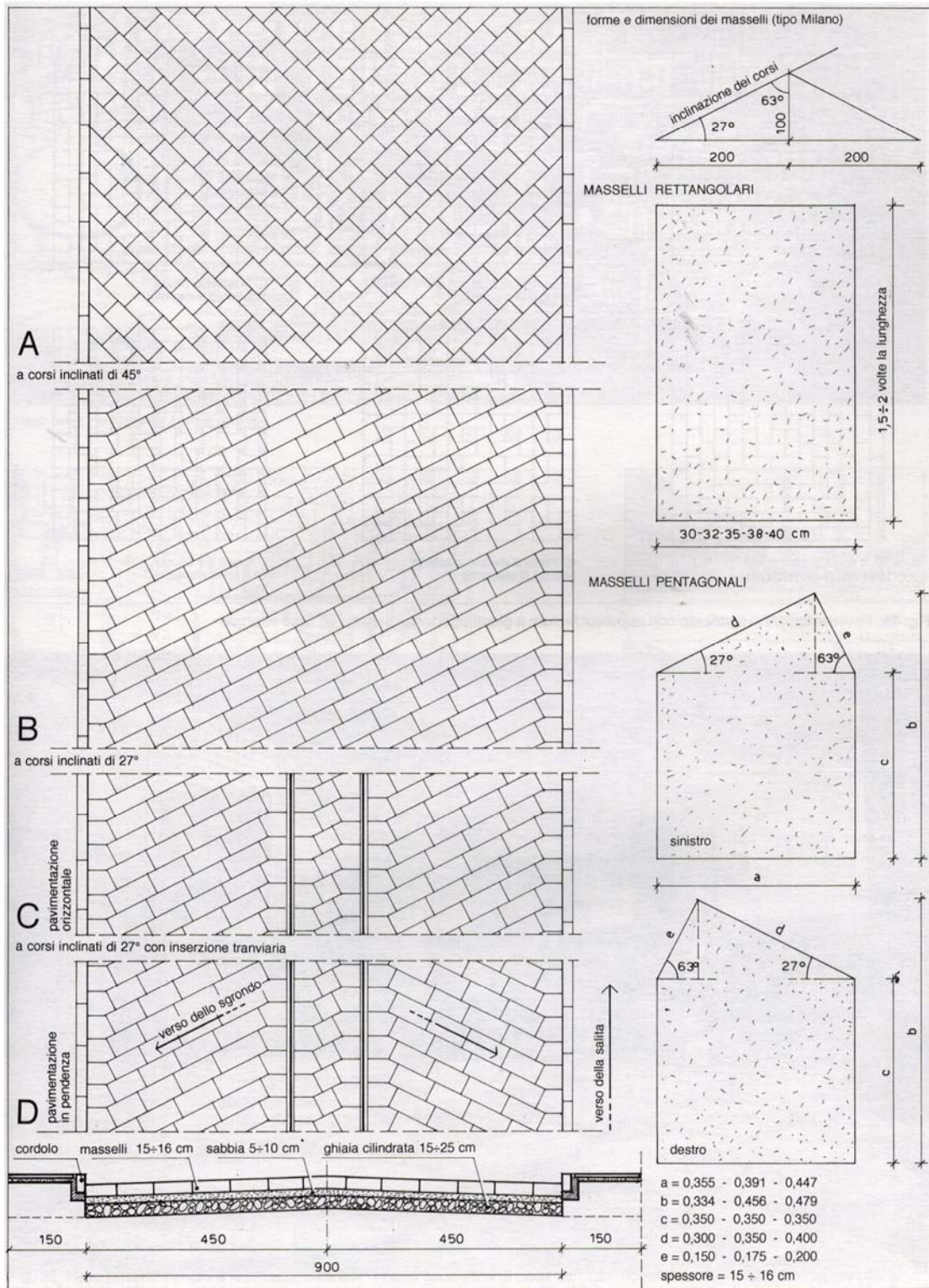


Fig. 39 – Lastricati con apparecchiature a corsi inclinati rispetto all'asse della via.

Nei tempi moderni si preferisce invece la disposizione delle lastre in file ortogonali all'asse della via e questo perché le ruote dei veicoli sono ora dotate di

pneumatici elastici (involucri di gomma dura, rinforzati da tele, reti metalliche o altro). Ne deriva l'opportunità di poter selezionare la migliore soluzione progettuale per quanto concerne le esigenze figurative.

Queste disposizioni degli elementi consentono attuazioni rapide e meno costose, anche per la mancanza dei tagli sbiechi dei pezzi pentagonali.

Tradizionalmente la disposizione delle lastre, secondo corsi longitudinali, è impiegata generalmente nei percorsi pedonali e nei marciapiedi; invece quella a lisca di pesce è usata nello specifico per superfici estese come le piazze pedonali o carreggiabili, oppure può originarsi nei luoghi in cui s'intersecano due strade con apparecchiatura inclinata.

Ogniquale volta intervengano necessità, di tipo progettuale, può accadere che siano usate apparecchiature diverse dalle precedenti, ad esempio a quadrati concentrici e pure con masselli ottenuti da rocce dissimili per qualità e colore (fig. 40).

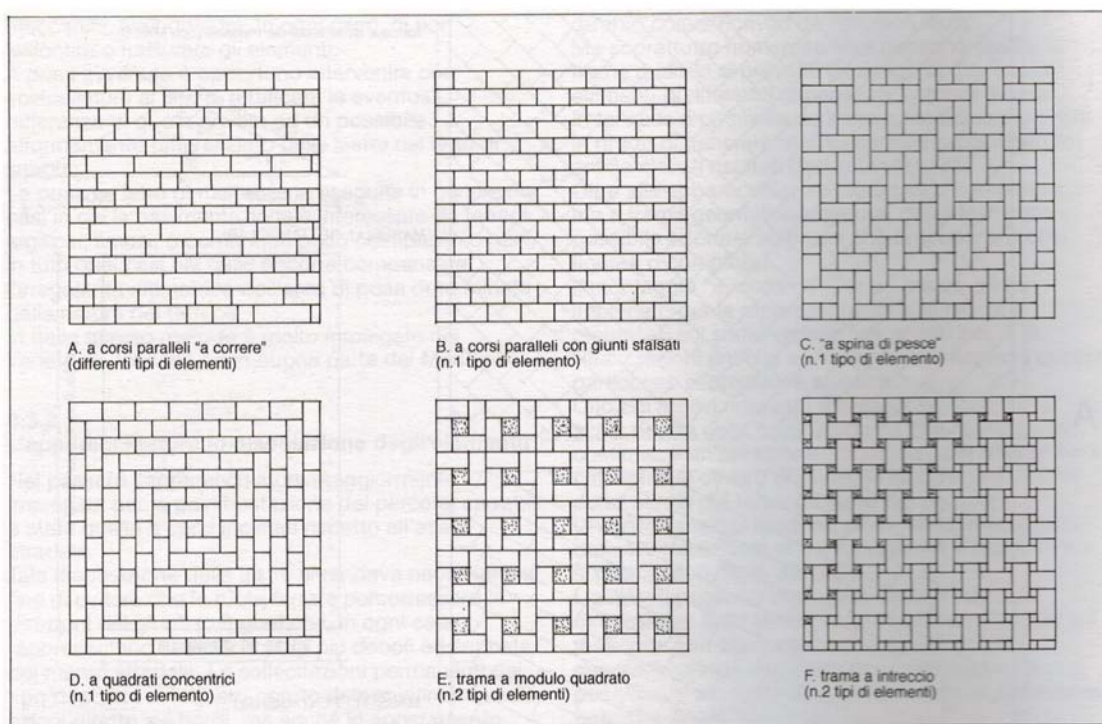


Fig. 40 – Sovrastrutture in lastricato con disposizione degli elementi a giunti normali rispetto all'asse della via.

Altri numerosi motivi esornativi si possono sviluppare quando è previsto l'utilizzo di due o più lastre di forma, dimensioni e colore ineguali. In questo caso si può ricorrere a forme in base alle quali è modellata una struttura

complessa dal punto di vista ornamentale (fig. 41).



Fig. 41 – Plaza de España, New Orleans (USA). Pavimentazione costituita da lastre di pietra dissimili per forma e qualità; motivi geometrici ripetuti.

Oltre alle disposizioni, in parte complicate, degli elementi a motivi geometrici ripetuti, con il lastricato si possono prendere decisioni che ipotizzano anche figure decorative complesse.

Nei lastricati si possono utilizzare *masselli* di *varie dimensioni*; pavimentazioni eseguite con *elementi piccoli e medi* offrono però una resistenza superiore e la posa dei medesimi sono facilitate per il loro minore peso.

Rileviamo pertanto che, di solito, il selciato presenta una resistenza superiore e una posa in opera più veloce nei confronti dei lastricati costituiti da elementi di notevoli misure.

Come già visto per i selciati, anche nei lastricati si possono scegliere geometrie di posa abbastanza complicate e accattivanti all'aspetto (fig. 42), se le dimensioni degli elementi da impiegare sono alquanto ridotte.

Ogniqualevolta l'impiego del lastricato sia possibile è da preferire in quanto, questo tipo di sovrastruttura, presenta un considerevole valore estetico, una notevole durata e una ridotta manutenzione.



Fig. 42 – Piazza Alberiga (Carrara). Lastricato formato da piccoli elementi a due colori, con geometria di posa a motivi circolari.

4.3.3 Attuazione delle sovrastrutture in piastrelle regolari

Una buona soluzione, per i motivi precedentemente elencati, può essere quella di realizzare i lastricati con elementi di piccola e media grandezza; un valido esempio è rappresentato dalle piastrelle di porfido quadrate o rettangolari, lavorate in varie dimensioni (cfr. par. 3.2), usate prevalentemente per le sovrastrutture dei centri storici.

In base all'entità delle sollecitazioni previste per la pavimentazione e in rapporto all'estensione della superficie in vista del singolo elemento, le succitate piastrelle potranno assumere larghezze variabili dai 10 ai 40 cm, lunghezze a correre e spessori di 2-5 cm.

La posa in opera delle piastrelle va eseguita su uno strato di malta cementizia di almeno 4-5 cm, posto su un sottofondo in calcestruzzo dello spessore minimo di 15-20 cm.

Procedura per la messa in opera delle piastrelle:

- 1) indicazione (tracciamento) dell'andamento dei piani per una visione anticipata della baulatura. Per garantire il deflusso delle acque, le pendenze dei lastricati, pur potendo essere inferiori a quelle dei selciati, non possono mai scendere di sotto l'1 %;
- 2) formazione della malta, per la quale si ricorre a un impasto di sabbia, acqua e cemento pari a 250 kg/mc di conglomerato;
- 3) stesa della malta sul sottofondo;
- 4) sistemazione a mano delle piastrelle sulla malta, con distanze minime fra loro di 1 cm, e con il giovamento di una piccola mazza (mazzetta) di gomma, o della martellina da muratore, sono assicurate nella medesima. Per essere certi che le superfici di posa siano completamente aderenti alla malta, la stessa deve rifluire nelle fughe tra gli elementi. Mediante l'ausilio di una staggia si cerca poi di ottenere, per quanto sia fattibile, l'ideale livellamento di ciascuna piastrella della pavimentazione;
- 5) nelle giunture è quindi versata una malta fluida ricca di cemento (boiacca) allo scopo di completarne il loro riempimento;
- 6) a tempo debito (dopo alcune ore) la malta delle giunture raggiunge una solidità tale per cui è possibile ripulire le stuccature con la cazzuola e utilizzare ferro e riga per evidenziare le fughe. Per non danneggiare irrimediabilmente la pavimentazione, le maestranze devono prestare la massima attenzione nel compiere tale procedimento. Invero le superfici ruvide delle piastrelle sporche di cemento essiccato, perfettamente aderente a esse e quindi inamovibile,

divengono non più rispondenti a criteri estetici.

Rileviamo che le piastrelle sono separate leggermente tra loro perché i loro spigoli, originati da spacco di cava, presentano spesso delle irregolarità; questa situazione è pertanto celata tramite la stuccatura in malta e la rigatura, migliorando così la parvenza esteriore della sovrastruttura.

Non sempre la pavimentazione è costituita di sole piastrelle: a volte esse sono utilizzate assieme ad altre varietà di elementi come ad esempio i cubetti, adatti anche a realizzare, di frequente, le cunette ai margini della via, ossia in contiguità dei cordoni dei marciapiedi.

La procedura di posa in opera è identica a quella in precedenza descritta.

Non dobbiamo scordare che le cunette, ai bordi della strada, devono avere una sufficiente pendenza longitudinale verso le caditoie, per rendere possibile lo scolo delle acque.

Le cunette in piastrelle presentando asperità superficiali molto ridotte rispetto a quelle in cubetti, oltre a favorire il rapido deflusso delle acque, formano pure un'elegante cornice della pavimentazione.

Nell'eventualità che la soprastruttura sia soggetta a traffico veicolare, soprattutto pesante, le piastrelle devono avere uno spessore superiore per sopportare le maggiori sollecitazioni conseguenti anche alle variazioni inerziali dei mezzi che si accostano e scostano dal marciapiede. A volte, nelle situazioni più gravose, sono messe una fila o due di binderi (altezza maggiore) al posto delle piastrelle.

4.3.4 Inserimenti tranviari

Alla presenza di binari tranviari nella carreggiata (pag. 88, par. 4.2), la pavimentazione è soggetta a notevoli sollecitazioni ogniqualvolta transitano le mastodontiche vetture tranviarie. In tali situazioni il manto ottimale è formato dal lastricato con elementi di adeguato e rilevante spessore; a Milano, ad esempio, sono parecchio utilizzati i masselli di granito.

Oltre alla pavimentazione in lastricato si può scegliere anche quella mista.

Quest'ultima è così composta: lastricato all'interno dei binari e lungo le fasce esterne a essi per una larghezza di 40 cm, selciato o altre tipologie nella parte restante.

La diversità dei profili laterali delle rotaie e dei masselli costringe gli addetti ai lavori a inserire fra loro particolari laterizi forati e utilizzare, nel frattempo, malta cementizia per renderli aderenti ai succitati elementi.

Le rotaie devono sporgere all'incirca 0,5 cm dalla superficie in vista del lastricato, perché tendono a calare per l'assestamento del *sottofondo* susseguente al frequente transito delle vetture tranviarie.

Le apparecchiature a corsi inclinati di 27° rispetto la normale all'asse della via richiedono, per ognuno di essi, l'impiego tra i binari di due elementi pentagonali e uno rettangolare di chiusura (*fig. 39*). Mentre al di fuori dei binari si posa una fila di pezzi pentagonali per rotaia, resi a essa opportunamente aderenti, atti a generare i corsi obliqui.

Qualora la via si trovi in pendenza, i corsi obliqui sono posti all'indietro, cominciando dalla mezzeria verso i rialzi che delimitano i marciapiedi, per rendere più facile lo sgrondo delle acque.

Spesso si utilizzano anche lastricati a elementi di dimensioni limitate, ma con notevole spessore come ad esempio i binderi o pezzature dello stesso tipo. Trattasi di un compromesso fra selciato e lastricato a elementi di rilevanti dimensioni che serve a rendere più semplice l'elaborazione tecnica e l'esecuzione dell'apparecchiatura in certe situazioni particolari come incroci, curve, scambi etc. (*fig. 43*).



Fig. 43a – San Francisco (USA). Piattaforma di rotazione per vetture tramviarie.



Fig. 43b – New Orleans (USA). Pavimentazione della Piazza d'Italia.

Fig. 43 – Soluzioni a corsi circolari concentrici di pietra e lastricato a piccoli elementi.

4.3.5 Lastricato a opera incerta

Il lastricato attuato in lastre di pietra irregolari, ossia a opera incerta, è contraddistinto da un'esteticità fuori del comune. Siffatta pavimentazione è particolarmente indicata per l'esecuzione di percorsi pedonali, come piani di calpestio negli spazi verdi, o marciapiedi (*figg. 44 e 45*) ed è pure vantaggiosa dal punto di vista economico.



Fig. 44a – Lastricato a opera incerta in porfido (Marsiglia).

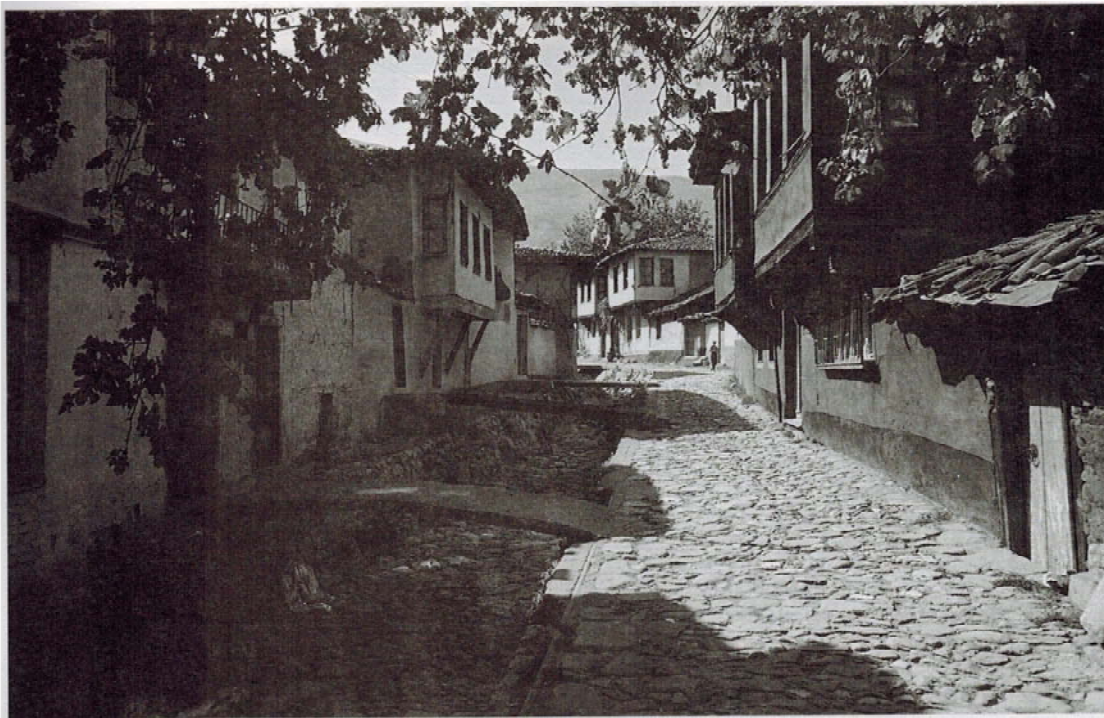


Fig. 44b – Vecchia strada e greto torrente lastricati a opera incerta (la natura degli elementi e il tipo di apparecchiatura li rendono simili all'acciottolato). Bursa (Turchia).

Fig. 44 – Lastricati a opera incerta.

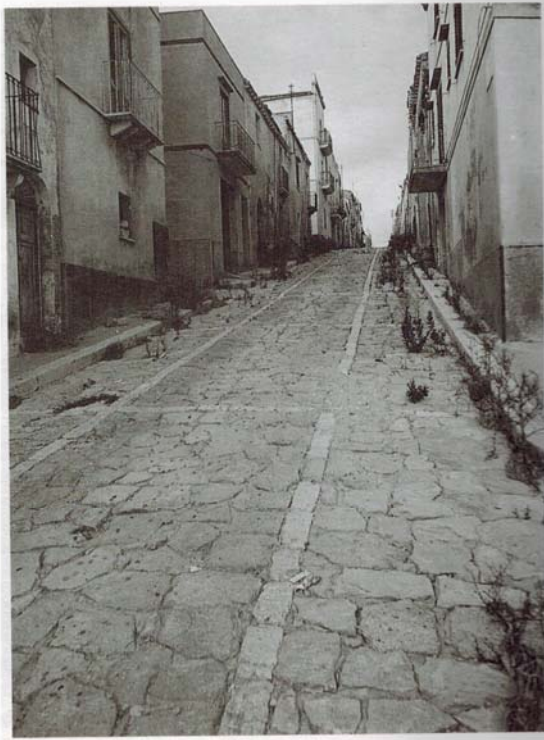


Fig. 45a – Lastricato a opera incerta, Santa Ninfa (TP), con riquadratura a corsi di elementi lapidei di colore differente.



Fig. 45b – “Lastricato senz’ordine” in arenaria, impiegato nelle pavimentazioni fiorentine d’un tempo.

Fig. 45 – Lastricati a opera incerta.

Tale sovrastruttura è però inadatta per percorsi ad alto flusso veicolare, particolarmente se pesante, e così pure per attuazioni in climi freddi, umidi e con grandi escursioni termiche perché è alterata la malta di sigillatura, con conseguente deterioramento degli strati sottostanti del sostegno. Come ripercussione si origina una fragilità del lastricato in tutta la sua estensione a prescindere dalle qualità della pietra i cui elementi sono stati ottenuti.

Evidentemente il lastricato a opera incerta è pure inadeguato ai fini dell'accessibilità.

I tipi di roccia impiegabili per realizzare questa specie di lastricato possono essere i più vari perché dipendenti dalle consuetudini locali e dalla disponibilità.

Da sempre le pietre locali hanno trovato largo impiego nella costruzione di tali sovrastrutture, anche tenendo presente le loro differenti peculiarità di lavorabilità. A tale proposito è degno di menzione il lastricato alla rinfusa con elementi asimmetrici in arenaria adottato a Firenze fino alla metà dell'Ottocento (*fig. 45b*).

Anche in questo tipo di pavimentazione è utilizzato parecchio il porfido e diffuso pure in luoghi lontani da quelli di estrazione. Teniamo presente che è una pietra durissima, molto resistente alla pressione e all'usura, poco o nulla alterabile.

Le superfici in vista degli elementi in porfido sono a spacco di cava e la loro messa in opera è attuata con lo stesso metodo delle piastrelle e con l'identica stuccatura e sfilatura dei giunti.

Se gli elementi del lastricato a opera incerta sono di notevole estensione, sino a un diametro di circa 60 cm, esso prende anche il nome di *palladiana gigante*. In questo caso i giunti possono essere realizzati attraverso una stesura di boiaccia cementizia sulla superficie di calpestio e una susseguente completa pulizia mediante stracci impregnati d'acqua. Con tale procedura è esclusa l'esecuzione della rigatura dei giunti che, a lavoro concluso, appaiono a sezione incavata, ossia lievemente aperti (o scannati). Alla fine è eseguita un'accurata pulizia delle superfici ruvide degli elementi per eliminare la presenza di cemento, oltre a quella sottile velatura che rende brutta la pavimentazione e che con scarsa probabilità in futuro sarà eliminata dagli agenti atmosferici e dal logorio.

4.3.6 Il lastricato “a stabilizzazione botanica”

Negli spazi occupati dai parchi urbani e dai giardini (*spazi verdi*) la posa degli

elementi dei lastricati a opera incerta, riguardanti i vialetti e i sentieri, può essere a "consolidamento botanico". Con tale metodo i vari elementi di pietra sono collocati su un esiguo strato di sabbia steso a sua volta sulla superficie del terreno, assegnando così la loro cementazione all'azione di unione dell'erba.

Infatti, lo strato superficiale del terreno, interposto tra gli spazi minimi che separano gli elementi, costituito principalmente dai cespi d'erba e dalle radici le conferisce solidità.

Ovviamente in tali tipi di pavimentazione possono essere utilizzate sia lastre regolari sia irregolari.

I vialetti non carrabili e i sentieri a opera incerta a "cementazione botanica" sono concretizzati nel modo di seguito descritto.

Lungo il tracciato va eseguito uno sterro al fine di eliminare la cotenna erbosa per uno spessore mutevole in relazione a quello degli elementi. Siccome la superficie di calpestio delle lastre va tenuta a un livello di poco inferiore, 1,5-2 cm, in relazione a quello del piano di campagna e lo strato di sabbia occupa un'altezza di 2,5-3 cm, lo scavo dovrà essere opportunamente approfondito.

L'abbassamento delle lastre rispetto al terreno prativo rende sicuro lo sfalcio dell'erba mediante la falciatrice, evitando così sgradite rotture dell'apparato falciante.

Sul fondo dello sbancamento, sottoposto a compattazione, è steso uno strato di sabbia grossa, in seguito livellato tramite una staggia.

Gli elementi lapidei di estensione superiore vanno collocati sulle fasce laterali, mentre all'interno gli altri; così operando si offre una più elevata resistenza ai margini della pavimentazione.

Frapponendo un pezzo di legno tra le lastre e la mazzetta, oppure utilizzando un mazzuolo di legno, si assestano dei colpi sulle loro superfici relativamente delicate al fine di sprofondarle nella sabbia.

Tale procedimento è interrotto nel momento in cui sono conseguiti la solidità e il livello prestabilito. La superficie di calpestio si livella utilizzando la staggia e agendo eventualmente, volta per volta, togliendo o apportando sabbia al fondo. I possibili e notevoli vuoti formati tra le lastre vanno riempiti introducendo altri elementi più piccoli tramite battitura.

Dopodiché, utilizzando delle scope, si prosegue con lo spargere sul lastricato un aggregato di sabbia e terreno di coltivo allo scopo di rendere piene le commettiture. Segue poi la sementa delle varietà erbacee repute maggiormente adeguate, ossia conformi alla cotenna erbosa tolta, nella parte interna delle giunture; si addensa e si ricopre il tutto con un minuto strato finale

di terreno di coltivo. Le semine sono indispensabili allo scopo ultimo di rendere più celere l'evento di "stabilizzazione botanica" sugli elementi della pavimentazione.

Analoga procedura si applica quando i percorsi nei prati sono realizzati con lastre di pietra poste a distanza "da passaggio" ("da guado"), denominata anche risolvimento dei "passi perduti".

Osserviamo che l'operazione va attuata per ciascuna lastra realizzando una fenditura verticale nella cotica erbosa, lungo la sua linea di contorno, mediante l'impiego di badile e pala.

4.4. I marciapiedi

I marciapiedi appartengono al più vasto insieme delle aree riservate ai pedoni per la circolazione, la pausa e i loro incontri, all'attraversamento delle carrozzine, dei passeggini, delle sedie a ruote per portatori di handicap e dei piccoli veicoli di trasporto trainati o spinti dall'uomo.

Rammentiamo che sono aree pedonali le piazze e le strade esclusivamente riservate a questa finalità, i marciapiedi, i sentieri e i vialetti.

Per *marciapiede* s'intende quella parte della via, chiusa entro limiti precisi e posta al riparo o rialzata, che si trova all'esterno della carreggiata e riservata ai pedoni.

Per lo più i marciapiedi sono posti lungo le linee di contorno che delimitano le costruzioni architettoniche di una certa grandezza destinate ad abitazione o ad altro uso pubblico o privato, così da separarle dalle pavimentazioni carrabili e consentire pertanto una comoda circolazione dei pedoni.

Il marciapiede è realizzato soprattutto attraverso l'esecuzione di un ciglio non sormontabile (o un cordolo se a raso) di altezza non superiore a 15 cm, che mantiene il piano carrabile o ciclabile ad un livello inferiore rispetto a quello pedonale.

In tal modo si contribuisce a persuadere i conducenti dei veicoli a non occupare i percorsi pedonali, oltre che per ragioni di sicurezza.

Il marciapiede fu messo in uso dagli etruschi e poi ripreso dai romani, ma con il trascorrere del tempo, "la via" perse sempre più importanza e così l'impiego della semita scomparve.

Anche se nel Veneto già dal secolo sedicesimo fossero regolarmente utilizzati i lastricati per effettuare le strade e gli attinenti marciapiedi, l'effettiva riapparizione degli stessi ebbe inizio soltanto nell'Ottocento, in coincidenza con il rimpiazzo della sezione concava della via ("a culla") con quella convessa ("a

schiena d'asino"), assai più adatta e solida al nuovo, intenso flusso veicolare e con una struttura drenante di maggior efficacia (cfr. par. 5.2.,).

Gli odierni marciapiedi rispecchiano fundamentalmente i due seguenti tipici esemplari:

1) il *marciapiede urbano della tradizione*, qualora sia ubicato in contiguità alla strada;

2) il *marciapiede "all'americana"* (fig. 36), nel caso che sia disgiunto dalla sede viaria da un lembo di terra, di ampiezza trasversale variabile o costante, organizzata a verde e persino utilizzabile, in svariati modi, per la sosta dei veicoli.

Notiamo in questo caso una netta separazione tra il percorso carrabile e quello pedonale, anche se generalmente è realizzabile un'unione tra i due in caso di necessità. Siffatto collegamento si consegue tramite la lavorazione della zona ristretta centrale disposta a verde, oppure con pavimentazioni disagevoli ma in ogni caso transitabili (grigliati particolari, superfici a ciottoli, o provvedimenti di similare effetto dissuasivo).

Nonostante la differenza di livello tra via e marciapiede moltissimi automobilisti indisciplinati parcheggiano i loro autoveicoli salendo sopra il ripiano pedonale.

Talvolta anche il traffico pedonale è delimitato, in modo particolare nelle situazioni in cui una traversata incontrollata potrebbe compromettere un flusso regolare degli eterogenei utenti della strada.

A tale difficile situazione si riesce a porre riparo tramite la diminuzione della superficie di conflitto tra chi guida autoveicoli, ciclisti e passanti, stabilendo così una migliore vigilanza dei varchi di attraversamento.

Quanto esposto è realizzato usando armamentari e manufatti di dissuasione come piccoli muri, balaustre, paracarri etc. (figg. 46 e 47).

Mediante un'opportuna spartizione delle specie arbustacee e arboree, il marciapiede "all'americana" permette certamente una migliore organizzazione delle superfici di conflitto. Ciononostante, a volte, tale soluzione non può essere proposta per ragioni legate a principi estetici e interpretativi del progetto, ma in modo particolare per la frequente mancanza di spazi adeguati, specialmente nei centri urbani molto sviluppati.

Le superfici a uso eterogeneo temporaneo (attraversamenti) e dei parcheggi, nonché quelle veicolari, ciclabili e pedonali sono per necessità visivamente diversificate.

Le superfici in vista degli elementi lapidei, costituenti le soprastrutture dei marciapiedi, devono essere antiscivolo, vanno pertanto esclusi gli elementi levigati o peggio ancora tirati a lucido e così pure quelli ottenuti da pietre che

con l'uso divengono sdruciolevoli (cfr. cap. 3 e par. 4.3).



Fig. 46 – Caén (Francia). Dissuasori per veicoli e inserzioni varie del pavé sul fondo di conglomerato bituminoso a guisa di segnaletica.



Fig. 47a – Rezé Le Nantes (Francia). Attraversamento pedonale in pavé su carreggiata in conglomerato bituminoso e paracarri metallici.



Fig. 47b – Norcia (PG). Sottoportico pedonale in acciottolato protetto da un paracarro.

Fig.47 – Dissuasori per veicoli.

I rivestimenti lapidei dei marciapiedi devono presentare caratteristiche tali da permettere una facile pulizia e un'agibilità resa non ardua da scabrosità marcata, elementi sporgenti, ampi vuoti etc.

Per lo più i marciapiedi hanno larghezze variabili da 1,50 a 2,00 m e in ogni caso valori mai di sotto 1,00-1,20 m, per soddisfare le esigenze di utilizzabilità da parte dei disabili. Ciononostante tali dimensioni vanno più che raddoppiate in coincidenza di parti delimitate di superfici, dove s'ipotizzano possibili concentrazioni di persone, come ad esempio negli incroci notevolmente affollati, nelle zone in cui è necessario separare nel tempo le differenti correnti pedonali e veicolari e in spazi contraddistinti da una consistente presenza di lampioni, segnaletiche verticali, panchine, alberate etc.

Le inclinazioni traverse dei marciapiedi, indispensabili al deflusso delle acque verso la via, non possono oltrepassare il limite dell'1%; mentre tempo addietro tali pendenze potevano variare dal 1% al 5% e ciò va tenuto presente quando si deve riorganizzare il tutto secondo i fini dell'accessibilità.

La convessità dei profili trasversali delle carreggiate in genere non riduce più di tanto il comfort degli utenti dei veicoli, mentre inclinazioni del 4-5% dei marciapiedi, o più in generale delle zone pedonali, creano in qualunque modo un fattore di fastidio per le persone che si spostano a piedi.

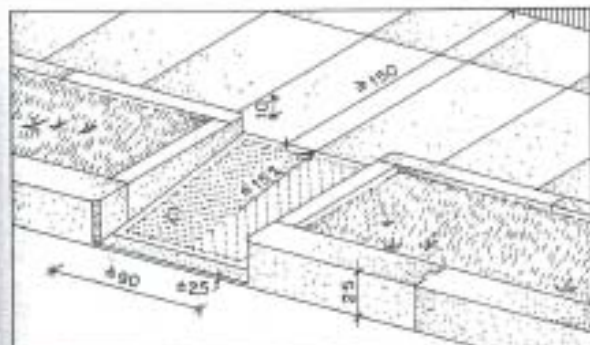
Nell'ideazione e nella susseguente esecuzione dei marciapiedi una peculiare diligenza deve essere rivolta alle norme aventi attinenza con l'*accessibilità*, vale a dire con la rimozione di tutto ciò che intralcia o impedisce fisicamente e psicologicamente la libertà di movimento degli individui, ma in modo particolare di quelli disabili.

A tal fine i marciapiedi rivestono un ruolo essenziale, infatti, discende dal grado di utilizzo che essi riescono a fornire se una specifica categoria di utenti svantaggiati è in condizione o no di servirsi delle aree urbane. Tuttavia, in generale, interessa qualsiasi pedone per quanto concerne il contenimento delle cause di pericolo e di utilizzo più confortevole degli spazi cittadini.

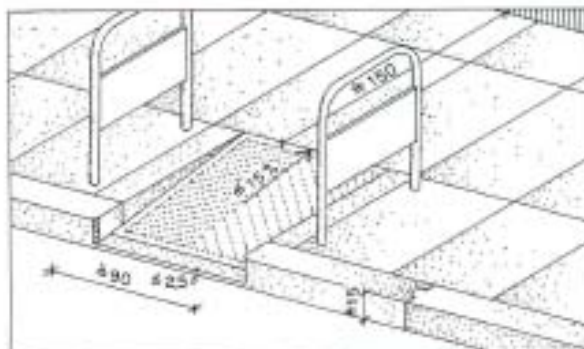
Ogni qual volta, nell'esecuzione dei marciapiedi, ci si trovi in rispondenza di differenze di livello (passi carrabili o collegamenti con il piano stradale) vanno previsti adeguati raccordi al fine di agevolare l'attraversamento dei pedoni e in particolare delle sedie a ruote.

Nelle situazioni più elementari, i summenzionati raccordi si possono tradurre in realtà tramite specifiche rettifiche dei profili altimetrici delle sovrastrutture percorribili. Mentre nei casi più complessi sono utilizzati elementi prefabbricati in calcestruzzo o ancor meglio attuati in pietra, giacché dotati di notevole pregio artistico, maggiore resistenza e durata (*fig. 48*).

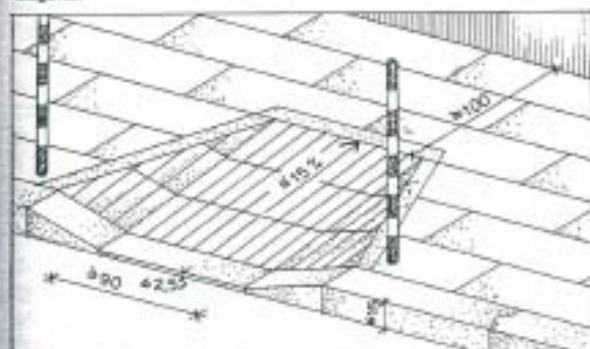
5.2. Percorsi esterni



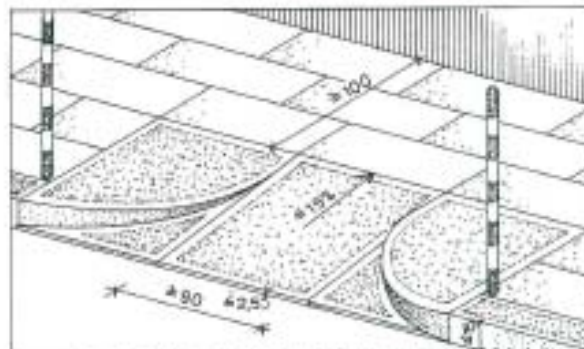
A. raccordo utilizzabile in marciapiedi di larghezza superiore a 1,50 m "all'americana". Raccordo in pietra con superficie gradinata o con scanalature diagonali



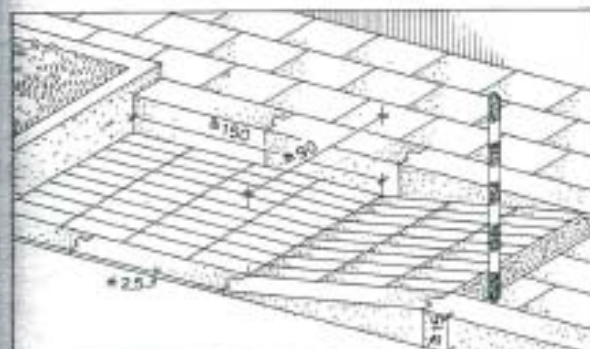
B. raccordo utilizzabile in marciapiedi di larghezza superiore a 1,50 m. Raccordo in pietra con superficie gradinata o con scanalature diagonali



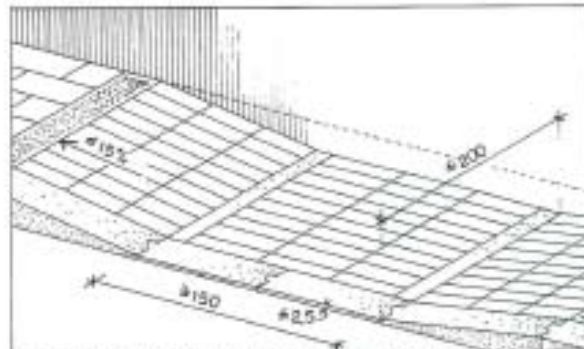
C. raccordo utilizzabile in marciapiedi di larghezza $\leq 1,00$ m. Pavimentazione del raccordo in pietra in piastrelle a spacco di porfido



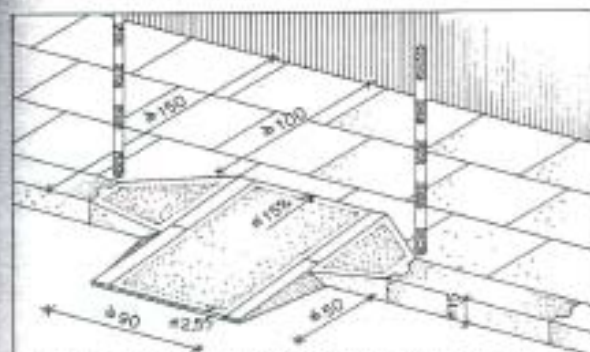
D. raccordo utilizzabile in marciapiedi di larghezza min 1,00 m. Raccordo realizzato in pietra a 3 elementi con superficie lavorata alla punta e con cordella



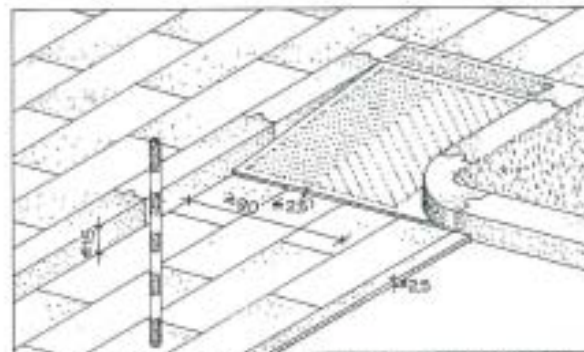
E. raccordo utilizzabile con dislivelli $> 0,15$ cm (in progetti di adeguamento). Pavimentazione del raccordo in piastrelle a spacco di porfido



F. raccordo utilizzabile in marciapiedi di larghezza $< 2,00$ m. Pavimentazione del raccordo in piastrelle a spacco di porfido



G. raccordo utilizzabile in marciapiedi di larghezza min 1,50 m. Raccordo realizzato in pietra con superficie lavorata alla punta e con cordella



H. raccordo utilizzabile in marciapiedi ad angolo. Raccordo in pietra con superficie gradinata, o con scanalature diagonali

Fig. 48 – Alcuni esempi di raccordo tra carreggiata e marciapiede in relazione alla sua larghezza, differenza di quota etc.

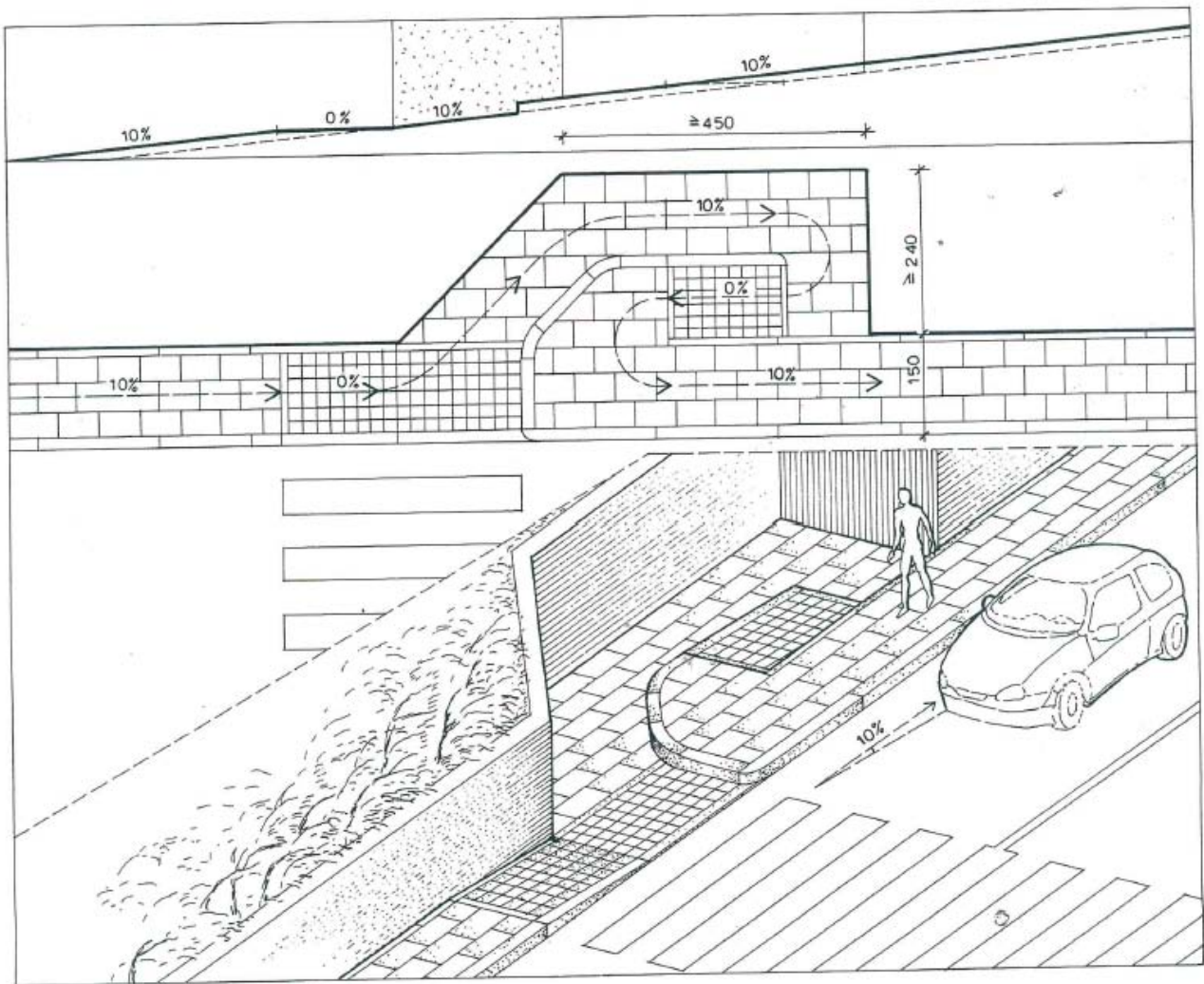
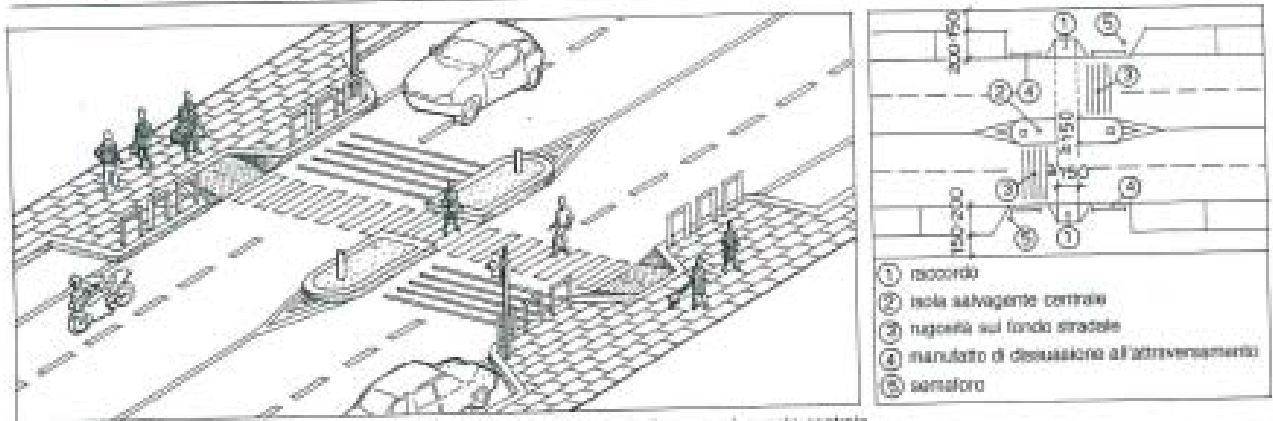
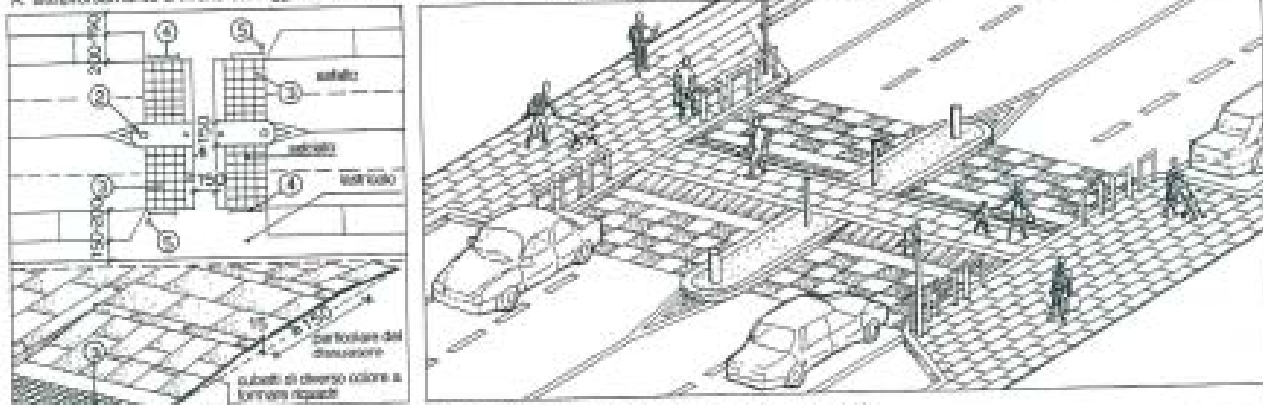


Fig. 49 – Raccordo di un marciapiede in pendenza nel caso d'interruzione causata da attraversamento pedonale o passo carrabile.

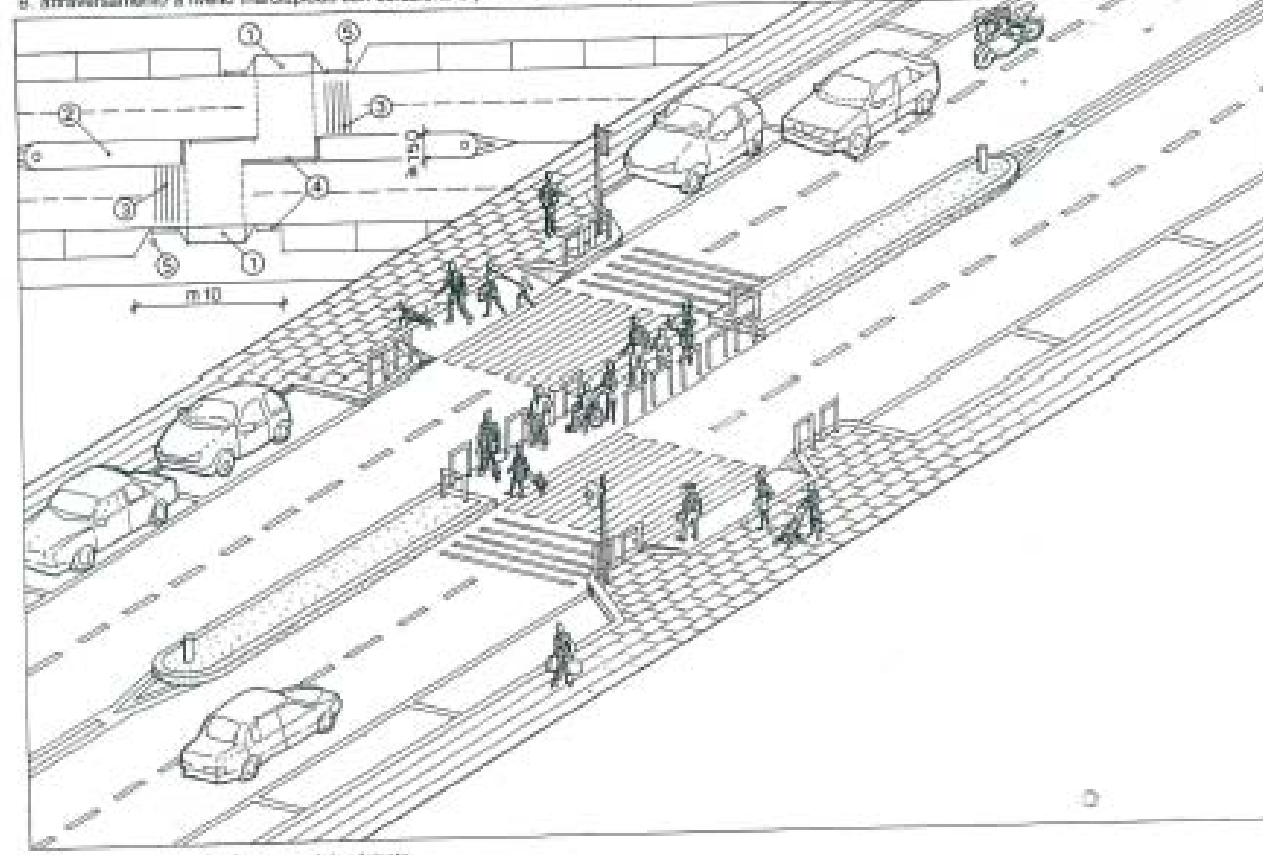
5. Pavimentazioni lapidee e accessibilità



A. attraversamento a livello carreggiata con soluzione a penisola del marciapiedi e con salvagente centrale



B. attraversamento a livello marciapiedi con soluzione a penisola del marciapiedi e con salvagente centrale



C. attraversamento a livello carreggiata elevata

Fig.50 – Alcuni esempi di attraversamenti pedonali in rettilineo.

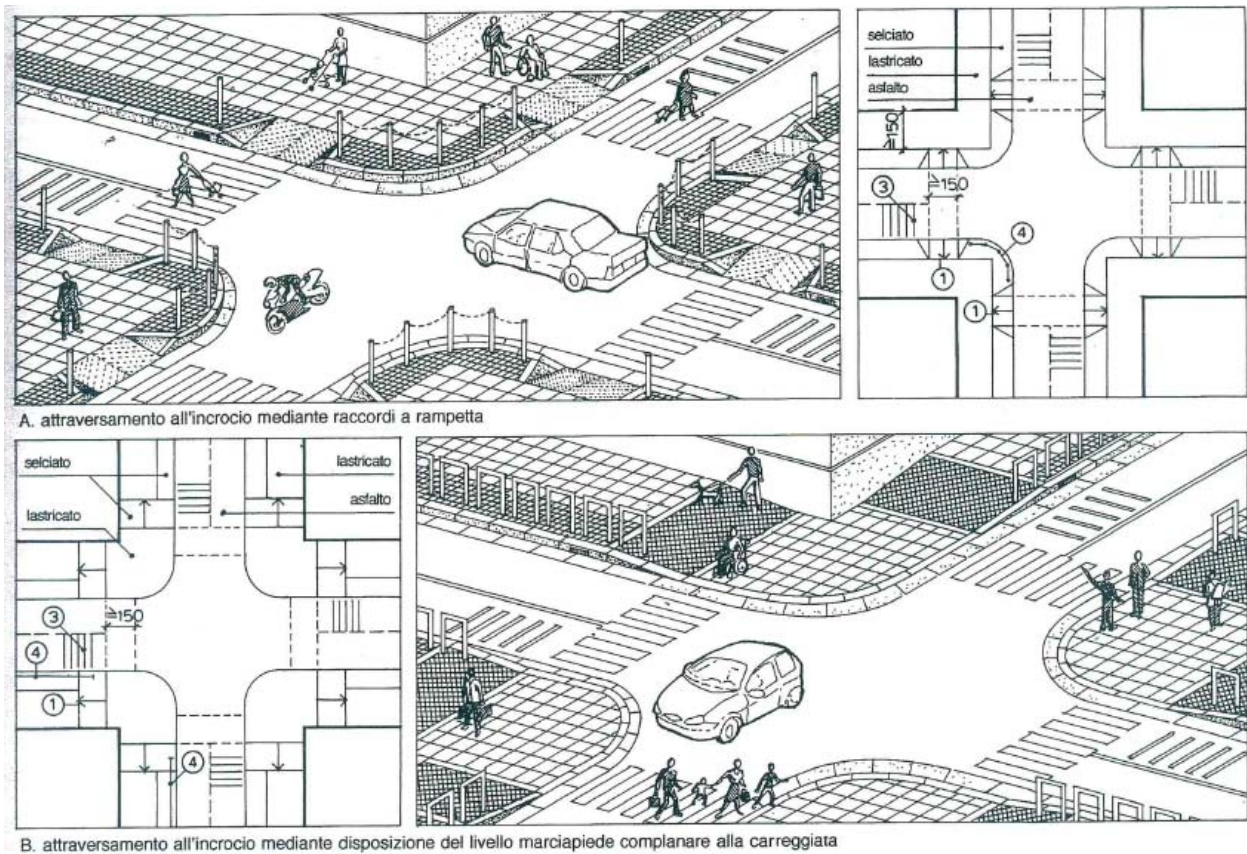


Fig.51. – Alcune soluzioni di attraversamenti pedonali all'incrocio.

Ribadiamo che gli spazi opportunamente segnalati e nei cui limiti i pedoni devono tenersi nell'attraversare una via trafficata, ossia i passaggi pedonali, riguardano da vicino la forma dei marciapiedi, specialmente in prossimità delle aree di conflitto (figg. 49, 50 e 51).

Sempre rispettando le norme sull'accessibilità, nel caso di rilevanti arterie stradali interessate da significativi passaggi pedonali si possono adottare soluzioni straordinarie come i sottopassaggi, o i sovrappassaggi.

Di solito, tuttavia, nel caso di rilevanti attraversamenti pedonali su percorsi in zone urbane a traffico normale, opportuni provvedimenti sono sufficienti a evidenziare una condizione d'insidia e, nello stesso tempo, di originare la decelerazione dei veicoli. Per questo fine i passaggi pedonali sono concretizzati in rilievo fino al livello dei marciapiedi e uniti alla superficie stradale tramite piani inclinati. Siffatta disposizione ha lo scopo di indurre i conducenti dei veicoli a rallentare la corsa e ad aumentare la visibilità delle persone che attraversano a piedi la via. Questi dossi vanno evidenziati in modo acconcio tramite l'ausilio della segnaletica orizzontale, verticale e luminosa.

La presenza di siffatti dispositivi di decelerazione (dissuasori di velocità), così pure in genere quella degli attraversamenti (*figg.50 e 51*), può essere posta ulteriormente in evidenza utilizzando una sovrastruttura diversa da quella della carreggiata; addirittura, ogniqualvolta fattibile, potrebbe essere la continuazione di quella del marciapiede. Ovviamente le differenze visive devono essere adeguate al fine di ingenerare nei conduttori dei veicoli e nei passanti una più intensa applicazione della mente e di alcuni sensi, per la mancanza di continuità dello spazio loro destinato. Per innalzare ancora il livello di attenzione degli utenti stradali urbani è indispensabile porre prima di ogni passaggio pedonale una fascia pavimentale rugosa, avente lo scopo di avvertire i conducenti dei veicoli a comportarsi in maniera adeguata alle circostanze di eventuale pericolo (*fig. 52*).

Un esempio classico può essere offerto da una sovrastruttura del marciapiede concretizzata in cubetti di porfido, o granito, che seguita nella zona destinata all'attraversamento pedonale, con un'adeguata segnaletica orizzontale approntata con piccoli elementi bianchi di forma cubica ottenuti da altri tipi di pietra come calcari compatti, Bianco di Carrara etc. (*fig. 46*).

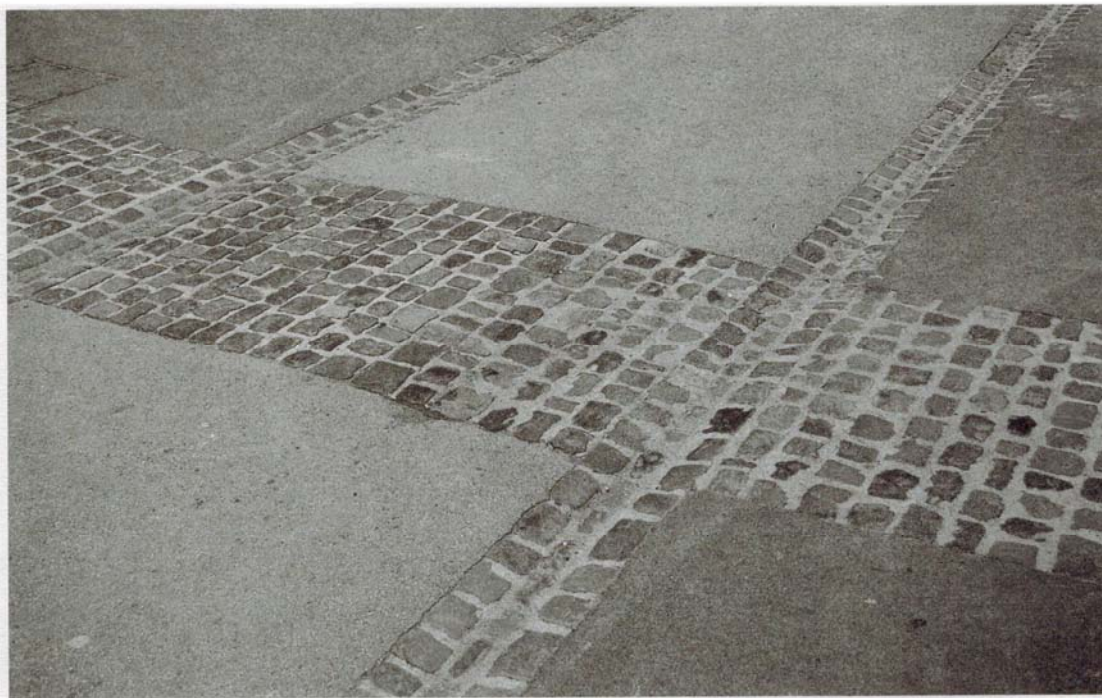


Fig. 52a – Attraversamento pedonale eseguito con elementi di porfido su strada carrozzabile in conglomerato bituminoso. Marciapiedi a raso e canali di raccolta laterali alla carreggiata.



Fig. 52b – Attraversamento pedonale zebraato attuato in lastricato su carreggiata in conglomerato bituminoso. Il pavé in porfido, per la sua rugosità, è utilizzato nella fascia di segnalazione per veicoli.

Fig. 52 – Caén (Francia). Modificazioni della pavimentazione carrabile in concomitanza di attraversamenti pedonali.

Durante l'elaborazione tecnica del progetto di un marciapiede e nel corso della sua esecuzione si deve prestare molta attenzione anche all'esistenza di componenti tridimensionali funzionali ed esornative (elementi di decoro urbano o arredo urbano).

Questi elementi di decoro urbano vanno esaminati accuratamente, specialmente ogniqualvolta la loro esistenza incida sulla sovrastruttura in modo diretto sia secondo un'ottica iconica e artistica, sia secondo quella tecnico-funzionale.

Ad esempio le piantagioni d'alberi lungo i marciapiedi sono senz'altro le più vincolanti, per i danni che possono recare quando non si rispettano le loro necessità; danneggiamenti causati da sovrastrutture inadeguate, ma anzitutto ideate e/o tradotte in realtà con noncuranza e in mancanza di una visione anticipata di stabilite accortezze.

Ciò riguarda in modo particolare la scarsa presenza di suolo permeabile nello spazio circostante agli alberi e pertanto i conseguenti affioramenti degli apparati radicali alla ricerca di fonti umide (*idrotropismo*); il fenomeno descritto

provoca di conseguenza la sconnessione degli elementi in pietra della sovrastruttura (fig. 53).



Fig. 53 – Via di San Gregorio (Roma). Sovrastruttura sconnessa per scarsa permeabilità del terreno attorno all'albero.

La scelta ideale, lungo le vie urbane, consiste dunque nel sistemare gli alberi in superfici permeabili d'ideale ampiezza, ad esempio come quelle adiacenti ai marciapiedi "all'americana".

Tuttavia tale soluzione spesso non è attuabile, poiché di solito le alberate vanno a occupare parzialmente marciapiedi di ridotta larghezza, rendendo così in sostanza impossibile l'accrescimento delle aree permeabili di attinenza ai singoli alberi. In tali situazioni l'area permeabile va comunque garantita, evitando di attorniare le basi dei tronchi da sovrastrutture impermeabili. Le superfici di attinenza degli alberi vanno poi protette dal movimento dei pedoni tramite appropriati interventi di carattere strutturale, ma al contempo in grado di permettere loro anche una confortevole percorribilità.

Per tale scopo si ricorre soprattutto ai *copritornelli* costruiti in grigliato metallico, in ghisa, in elementi prefabbricati di calcestruzzo, oppure con sovrastrutture permeabili; queste in genere vengono eseguite posando in modo diretto nel suolo gli elementi di pietra utilizzati nella pavimentazione del marciapiede.

A volte l'ampiezza del marciapiede è tale da permettere la difesa del suolo che

sta intorno a ciascun tronco mediante la realizzazione di semplici barriere in pietra, con paletti metallici etc. Di frequente non si può fare a meno anche di proteggere i tronchi con strutture difensive (gabbie di protezione di legno, o ceste metalliche); adeguate soluzioni rendono possibile l'introduzione dei loro montanti nelle pavimentazioni o nei copritornelli.

A volte è inevitabile l'impiego di adeguate barriere paracarri allo scopo di impedire che i tronchi subiscano lesioni in conseguenza degli urti dei veicoli e danni all'apparato radicale, per eventuali e ricorrenti compressioni dovute spesso a circostanze di parcheggio abusivo nelle aree attigue agli alberi.

Generalmente specifiche parti delle *reti dei servizi tecnologici*, utili alle esigenze della collettività, sono sistemate nel terreno situato sotto i marciapiedi.

Molte volte tali strutture (acquedotto, acque piovane e di rifiuto, gas, elettricità, telefono etc.) sono solamente sotterrate, cosicché ogniqualvolta si debba intervenire per compiere una manutenzione o una riparazione si deve procedere alla rimozione della sovrastruttura e a uno scavo.

Operazione, quest'ultima, assai delicata e in qualunque modo essa sia eseguita provoca inesorabilmente un danno al sistema radicale, a volte la morte stessa della pianta.

A loro volta le radici possono arrecare danni notevoli alle strutture predette, a causa delle pressioni originate dal loro inviluppo attorno ad esse. Se fattibile, si pone rimedio a questo inconveniente spostando il tracciato dello scavo a un'adeguata distanza dagli alberi. Ogniqualvolta ciò è impossibile e, in modo particolare, dinanzi ad un elevato numero d'impianti tecnologici ci si avvale della *galleria dei servizi*.

Trattasi di un passaggio sotterraneo, che può essere visitato a scopo d'ispezione, con gli impianti tecnologici in vista allo scopo di agevolare la rapidità degli interventi riparatori o manutentivi.

In punti prestabiliti della pavimentazione sono poste delle botole (aperture munite d'imposte di chiusura) al fine di mettere in comunicazione l'ambiente esterno con la galleria sottostante.

Si evitano in tal modo gli scavi, assai rovinosi per gli alberi, e la rimozione delle sovrastrutture dei marciapiedi ogni volta che ci sia da intervenire sulle parti sotterranee delle reti dei servizi; in tal modo vengono anche eliminate le soventi aperture dei cantieri sulle sedi pedonali e stradali, recanti serio detrimento ai rispettivi traffici.

Ovviamente uno dei maggiori benefici riguarda il lato economico della gestione, mentre la somma investita per l'attuazione dell'opera sotterranea è abbondantemente ammortizzata con il tempo.

Le gallerie dei servizi furono realizzate nelle maggiori metropoli estere fin dal lontano Ottocento; vanno prese in seria considerazione, in fase di urbanizzazione, ogniqualvolta si preveda un'alta o media densità d'impianti tecnologici: purtroppo in Italia ciò non avviene.

Nel corso dell'attività progettuale vanno considerati una serie di elementi, al fine di determinare la *forma perimetrale del marciapiede*.

Tra i fattori di maggiore rilievo vi sono certamente quelli che si riferiscono alla disposizione dei parcheggi, quando programmati. Secondo le loro posizioni (stalli di sosta in fila indiana o a pettine, a 30°, a 45°, a 60° etc.) sono previsti tagli adeguati e disposizioni appropriate degli elementi di pietra nella sovrastruttura (apparecchiatura) e prese peculiari decisioni.

Gli stalli di sosta possono essere combinati con la disposizione delle alberate (*fig. 54*), sempre nel rispetto della permeabilità del terreno nello spazio circostante ai tronchi.

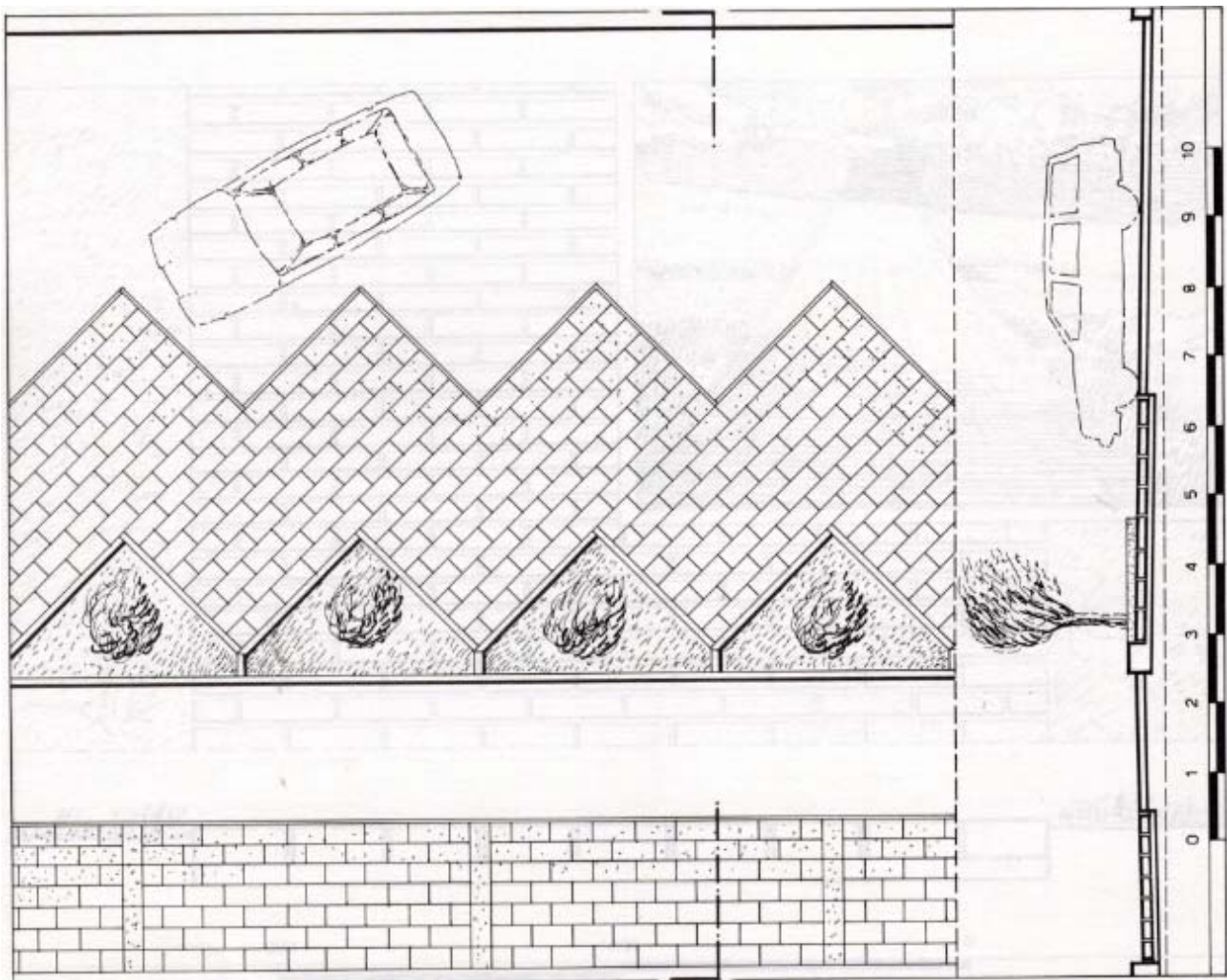


Fig. 54 – Parcheggio in elementi a massello di pietra su strada in conglomerato bituminoso.

Nelle *aree di pubblico parcheggio*, di grande o medio utilizzo, è conveniente avvalersi di sovrastrutture impermeabili in pietra, a superficie regolare e in ogni modo di semplice mantenimento in buono stato e pulizia. In tali casi non devono essere prese in considerazione le pavimentazioni parzialmente impermeabili e permeabili del tipo massicciata, superficie a ghiaia etc.

Si raccomandano invece in condizioni di limitato impiego, come ad esempio nei parcheggi privati o di emergenza, utilizzati in certi periodi dell'anno in occasione di fiere, feste patronali, manifestazioni sportive etc.

Allo scopo di individuare le aree riservate agli stalli di sosta dalle altre, si usano superfici diverse per colore, materiale e trama.

Nel progettare i parcheggi, ovviamente, si devono rispettare le norme che governano l'accessibilità, sia per quanto riguarda il numero degli stalli riservati, muniti di qualità peculiari, sia per una varietà di accortezze e soluzioni.

L'esplicazione del servizio municipale che cura la raccolta delle immondizie e la pulizia delle strade è un ulteriore fattore che va ad incidere sulla forma perimetrale dei marciapiedi e sulla gestione dell'intera rete urbana in generale.

Allo stato attuale delle cose i maggiori ostacoli che s'incontrano, nell'esercizio di tali servizi di nettezza urbana, sono legati ai criteri di parcheggio dei veicoli a motore. Difatti, in genere, porzioni notevoli dei margini delle vie e dei marciapiedi, dove frequentemente si depositano i detriti e l'immondezza, sono difficilmente accessibili a causa dei veicoli in sosta.

In tal modo sono ostacolati i lavori di pulizia da realizzarsi a mano, oppure attraverso idonei veicoli attrezzati.

Poi c'è anche l'inconveniente spesso dovuto alla sosta dei veicoli nelle zone antistanti ai grandi contenitori di rifiuti solidi (cassonetti), collocati in idonee rientranze sistemate nei marciapiedi.

Anche se l'odierna evoluzione tecnologica porta a rapide trasformazioni delle apparecchiature meccanizzate di raccolta rifiuti, è indispensabile approntare a tal fine un programma che definisca dei tragitti tutelati.

Nella capitale francese, nonché in altri centri di grande importanza, vengono adottate soluzioni insolite per la pulitura dei marciapiedi e delle vie. Infatti, ciò avviene tramite lavatura con i flussi delle acque provenienti dalle bocche, di un condotto, poste nei gradini dei marciapiedi, permettendo così lo scorrimento a modo di ruscello a tempo nelle canalette di scolo poste ai bordi delle strade.

Questo ingegnoso espediente oltre a permettere il lavaggio sia dei bordi stradali sia dei marciapiedi, dove si accumulano i maggiori quantitativi di detriti, consente pure che gli addetti alla spazzatura possano facilmente ammucchiare i rifiuti nelle cunette, dai punti in cui sono poi trascinati nelle caditoie, o in ogni caso riuniti e raccolti.

In modo particolare nei tragitti di grande importanza sia per il numero di veicoli e di pedoni che vi transitano nel periodo di una giornata, sia per l'interesse storico-artistico e per quanto sopra descritto i parcheggi, a bordo strada, dovrebbero essere eliminati, favorendo invece quelli a raso, sotterranei o in elevazione. Ove ciò non fosse possibile sarebbe da prendere in considerazione l'opportunità di utilizzare dei paracarri o altre strutture di dissuasione, al fine di indurre i conducenti dei veicoli a motore a parcheggiare in modo accurato.

Le nicchie da posizionare nei marciapiedi, per lo stazionamento dei cassonetti, vanno adeguatamente protette con barriere paracarri. La loro disposizione ai margini delle strade va fatta con molta diligenza, così da promuovere la loro più conveniente ripartizione anche in rapporto all'insieme ipotizzato dei tragitti protetti di raccolta rifiuti mediante macchine automatizzate.

Dalla precedente disamina si evince che il tutto condiziona il progettista nell'elaborazione tecnica dei marciapiedi e le attinenti decisioni specifiche da prendere, ingenerando dunque la rappresentazione generale dell'abbellimento urbano e l'efficienza d'uso e di esercizio delle sovrastrutture.

4.4.1 Attuazione dei marciapiedi

Quanto scritto in precedenza, in merito alle pavimentazioni lapidee, interessa senz'altro anche l'esecuzione dei marciapiedi, pur rilevando che nei pedonali si possono usare anche varietà di elementi che offrono una resistenza inferiore a quelli soggetti al traffico veicolare. Ciò riguardano per l'appunto i lastricati realizzati a opera incerta o in modo particolare quelli che utilizzano grandi lastre di spessore ridotto.

Sempre nel rispetto delle consuetudini locali, i gradini dei marciapiedi si ottengono, di solito, da rocce di notevole resistenza quali porfidi, graniti e travertini. Rileviamo che tali elementi, in modo particolare i loro spigoli, sono soggetti a sollecitazioni varie e a urti conseguenti al movimento dei veicoli.

Di solito i cordoni (o cordoli) dei marciapiedi hanno sezione trasversale rettangolare di base 15 e altezza 20-30 cm e lunghezza variabile, pure foggiate secondo una sagoma prefissata. I collegamenti tra due elementi attigui possono avvenire tramite un rilievo di forma semi-cilindrica e la relativa sede cava.

Le parti in vista dei cordoni devono essere ruvide; nell'eventualità che il materiale impiegato sia il porfido, la superficie superiore (o testa) dovrà essere a spacco di cava e quella laterale a piano naturale di cava.

Nel caso di condizioni climatiche sfavorevoli le superfici superiori dei cordoli

potranno anche essere bocciardate, scalpellate o fiammate.

Nei cordoni si possono ottenere anche le caditoie a bocca di lupo (*par.5.2.4*), attraverso lavorazioni alla fresa o alla punta.

Nell'esecuzione dei gradini c'è pure la possibilità di impiegare i binderi, il cui spessore di 10-12 cm è inferiore a quello dei cordoli e l'altezza dalla sede stradale non può superare i 15 cm, come previsto dalle norme.

I *cordoli* e i *binderi* vanno posti in opera osservando la seguente procedura:

- 1) rilievo topografico e tracciamento;
- 2) dove serve, si esegue lo sterro e poi si gettano le fondamenta in calcestruzzo per la posa degli elementi;
- 3) tali elementi vanno fatti penetrare un pochino nel calcestruzzo, in modo tale da rimanere leggermente incastrati;
- 4) i giunti si rafforzano incrementando le quantità di calcestruzzo in loro corrispondenza;
- 5) le giunture vanno stuccate e stilate con malta cementizia.

Gli elementi succitati possono anche essere utilizzati per realizzare riquadrature di pavimentazioni di tipo diverso: carrabile, ciclabile e pedonale.

Di solito, a tale scopo, si adoperano i binderi oppure degli elementi aventi una sezione trasversale ridotta in relazione a quella dei cordoli e vengono posizionati a raso.

La procedura di posa in opera è in ogni caso quella precedentemente esposta.

La protezione dei pedoni dal traffico veicolare, non essendoci il gradino, può avvenire mediante altri tipi di dissuasori, come ad esempio i paracarri.

5 CAPITOLO DRENAGGI

Il drenaggio è un metodo razionale per ottenere lo scolo delle acque piovane mediante un sistema di canali, tubi, pozzi etc.

Le superfici soggette alle precipitazioni atmosferiche (pioggia, neve e tempesta) si distinguono in naturali e artificiali.

Il drenaggio delle superfici naturali riguarda le aree verdi come le pavimentazioni carrabili erbose e a massicciata, i sentieri, i vialetti, nonché i terreni agricoli etc.

Quello che ci interessa, e pertanto tratteremo qui di seguito, è lo scolo delle superfici (artificiali) pavimentate.

Da notare però che qualsiasi intervento di natura ingegneristica, operato dall'uomo nel territorio, implica nei diversi punti, del rispettivo bacino di raccolta, variazioni delle relative portate di deflusso sotterranee e superficiali.

Invero il drenaggio riguarda anche lo scolo delle acque sotterranee, oltre a quelle superficiali, come le filtranti (di falda o di vena), le percolanti e di capillarità.

Pertanto ogni volta che s'interviene in una determinata zona, il ciclico equilibrio idrico globale subisce delle variazioni.

Le ripercussioni più rilevanti riguardano i notevoli mutamenti dei livelli di falda, la ridotta potenzialità di ricarica dei bacini idrici situati sotto terra, gli straripamenti e le azioni distruttive superficiali dei terreni in pendenza.

Finora, in fase progettuale, tale aspetto è stato spesso ignorato e questo ha generato gli spiacevoli eventi sopra menzionati, specialmente in zone densamente urbanizzate e il cui territorio è molto impermeabilizzato.

Opportune opere di compensazione sono introdotte pertanto nelle attuali progettazioni e realizzazioni, al fine di migliorare le dannose trasformazioni arrecate all'assetto idrogeologico del territorio.

Ad esempio, va posta la massima attenzione sia nella scelta del metodo idrico di raccolta, che di smaltimento. In modo particolare bisogna avere ben presente il quadro globale della situazione, pure in correlazione alla vastità della zona e a un lungo periodo.

Tutto ciò va attuato non solo per le grandi opere, pure per quelle meno rilevanti; infatti, spesso, la globalità degli interventi esigui e intermedi è quella che maggiormente incide sull'equilibrio idrogeologico complessivo.

Studi e ricerche si rendono quindi indispensabili per attuare un'accurata pianificazione.

Rileviamo che le acque portano conseguenze diverse secondo le specificità morfologiche (forma e struttura), geologiche e pedologiche (origine, composizione e caratteristiche) del suolo, oltre che del tipo di vegetazione che ricopre l'area e alla situazione generale del rispettivo bacino imbrifero.

Con tale terminologia s'intende un terreno che, per la sua particolare conformazione, raccoglie le acque piovane convogliandole in un corso d'acqua.

Nel passato le pavimentazioni e la rispettiva rete fognaria si costruivano sulla base dell'esperienza, secondo tipologie adeguate alla quantità d'acqua da convogliare nei condotti per essere smaltito.

Del resto, nell'usanza antica tramandata, pure l'insieme delle strutture che completavano la sommità di un edificio a difesa dalla pioggia, neve, sole etc. erano attuate in diversi modi (coperture a falde, a volta e piane) e con vari tipi di materiale in rapporto all'entità e all'essenza delle precipitazioni atmosferiche più abbondanti.

Al presente (come nel passato) le pavimentazioni e l'attinente rete fognaria vanno previste e costruite con peculiari qualità e accortezze, in modo da assicurare un idoneo scolo con riferimento alla località e all'insieme delle condizioni meteorologiche ivi prevalenti.

5.1. Bilancio idrogeologico e coefficiente di rendimento

Qualsiasi intervento umano nell'ambito urbano non deve pertanto modificare il *bilancio idrogeologico globale*, o per meglio dire conservare immutate le caratteristiche e la quantità sia dell'acqua superficiale che arriva ai canali, torrenti, fiumi, laghi etc., sia di quella sotterranea. A tal fine si cerca di conseguire un *coefficiente di deflusso* (rapporto tra il volume d'acqua defluita nella fognatura e quello di afflusso meteorico) *teorico pressoché nullo*. Purtroppo qualsiasi intervento, nel nostro caso di pavimentazione, accresce cotale coefficiente con consequenziale riduzione delle acque di percolazione assorbite dal terreno.

Oltre a dilavamenti ed erosioni, tutto ciò può causare esondazioni e pertanto inondazioni per l'eccessivo concorso delle acque superficiali.

Situazioni atmosferiche eccezionali, per intensità delle precipitazioni, sono senz'altro fra le principali concause dei fenomeni sopraccitati.

Invero il terreno, alla presenza di eccessive quantità idriche, non ha la capacità di attrarre dentro di sé più acqua di quella che può ricevere in base alle sue

caratteristiche geologiche e morfologiche, nonché al tipo di flora.

A tale situazione sfavorevole si cerca di porre rimedio ricorrendo a sovrastrutture il più possibile permeabile e a zone verdi (parchi e giardini), oltre che a un'adeguata redazione di un piano territoriale.

In modo particolare, quando trattasi di un'ampia pavimentazione, è necessario agevolare comunque la percolazione dell'acqua all'interno del terreno; in tale maniera si evitata l'imponente complesso di tubazioni che convogliano le acque superficiali verso i laghi, il mare o i corsi dei fiumi, torrenti e canali.

Viene così notevolmente ridotta l'alterazione del più esteso e naturale ciclo dell'acqua.

Ovviamente tanto maggiore è la zona impermeabilizzata e tanto più sono accresciute diametralmente le condotte della rete di raccolta, in modo tale da incrementare la portata di deflusso.

Per dimensionare le sezioni delle tubature di scolo disponiamo di molteplici metodi di calcolo, ognuno dei quali tiene nella dovuta considerazione la capacità di assorbimento dell'area investita dalla pioggia.

Ad esempio è possibile avvalersi del coefficiente di deflusso (oppure di assorbimento, o di rendimento), definito come rapporto fra il volume d'acqua defluito alla fogna e il volume di liquido caduto per precipitazione.

Esso dipende dalle condizioni ambientali della zona e cambia con la percentuale di umidità dell'aria, con l'intensità media delle precipitazioni (aumenta con la durata), con le stagioni, con lo stato del terreno (se bagnato da precedenti piogge o asciutto) e con la natura dell'area di sgrondo.

Nella *tab. 1* sono riportati i valori dei coefficienti di deflusso, secondo la scala di Frühling, correntemente utilizzati in fase progettuale per piogge di 45 mm in un'ora.

Si possono pertanto applicare i seguenti *coefficienti sintetici (tab. 1)* alle varie ripartizioni della zona, confluenti a un collettore, al fine di ricavare il valore medio di Ψ , riferibile alla zona stessa, con la seguente formula sperimentale (Paladini-Fantoli):

$$\Psi = m\sqrt[3]{lt} .$$

Ove:

m = indice di permeabilità;

t = minuti primi (di regola);

$l = 60h/t$ (rappresenta l'intensità oraria della pioggia: mm in un ora).

Condizioni ambientali	Valori di μ (coefficienti di deflusso)
Tetti	0,90-0,95
Pavimentazioni d'asfalto	0,85-0,90
Pavimentazioni di pietra	0,80-0,85
Pavimentazioni di pietra con elementi regolari collocati in sabbia	0,60-0,70
Pavimentazioni di acciottolato su sabbia	0,40-0,60
Pavimentazioni di Macadam	0,25-0,45
Pavimentazioni con superficie a ghiaia non compressa	0,15-0,30
Zone urbane centrali a elevata densità, strade strette e lastricati	0,70-0,90
Zone urbane a media densità, ma con pochi spazi scoperti	0,50-0,70
Zone urbane con aree coltivate, tipo città giardino	0,25-0,50
Zone scoperte, piazzali ferroviari etc.	0,10-0,30
Zone a parchi, giardini e aree verdi in parte alberati	0,00-0,25

Tab. 1 – Coefficiente di deflusso (scala di Frühling).

Ipotizzato oppure conosciuto in modo sperimentale, per una determinata zona, il valore di μ per una pioggia di l mm in un'ora si ricava il corrispondente m e pertanto i per acque pluviali di intensità e durata diverse.

Le sezioni dei canali di scolo (condotti) si dimensionano in funzione della massima portata prevista in media ogni 10-20 anni e a una serie di parametri, che visti i nostri fini, non ci soffermeremo a esaminare.

Concludiamo ricordando di avere messo in luce gli effetti ed i legami, per consistenza e qualità, tra le pavimentazioni e il più complessivo bilancio idrogeologico.

5.2. Sezioni tipo e sistemi di drenaggio

L'insieme delle pendenze di una pavimentazione, oltre ad interessare la loro rispondenza alle funzioni di scolo delle acque e il più comune sistema programmato per la loro raccolta e inalveazione, le riguarda pure per quanto concerne il carattere figurativo dell'arte.

Un tempo il sistema idraulico impiegato per liberare dall'acqua il manto di una strada, di una piazza etc. era rigorosamente legato alle dimensioni e forma degli elementi, al tipo di pietra e all'apparecchiatura (come ad esempio nella realizzazione dell'acciottolato a secco).

Fondamentalmente lo scarico dell'acqua derivava però, ovviamente, da un profilo adeguato della sezione trasversale della via.

Le strade urbane avevano una sagoma trasversale “a culla” (o concava) in modo da raccogliere l'acqua superficiale lungo la loro linea centrale, ove era posta la *chiavica* (o condotto fognario) provvista di caditoie (*fig.3*) ovvero una canaletta di raccolta a cielo aperto (*figg.1 e 2*). Mentre le strade extraurbane erano dotate di una sezione a “schiena d'asino” (o convessa), indispensabile per smaltire le acque nei rispettivi fossi di guardia, laterali.

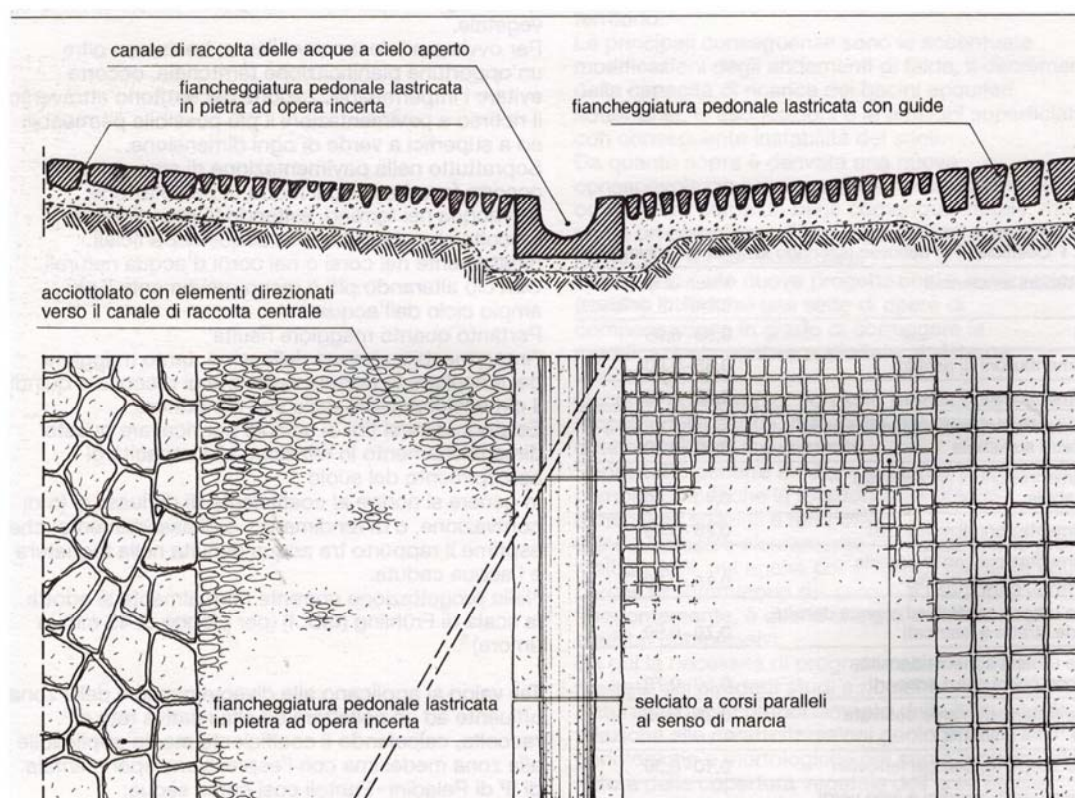


Fig. 1 – Strada cittadina con sezione trasversale concava. Sovrastruttura in selciato o ciottolato e canale di raccolta delle acque a cielo aperto.

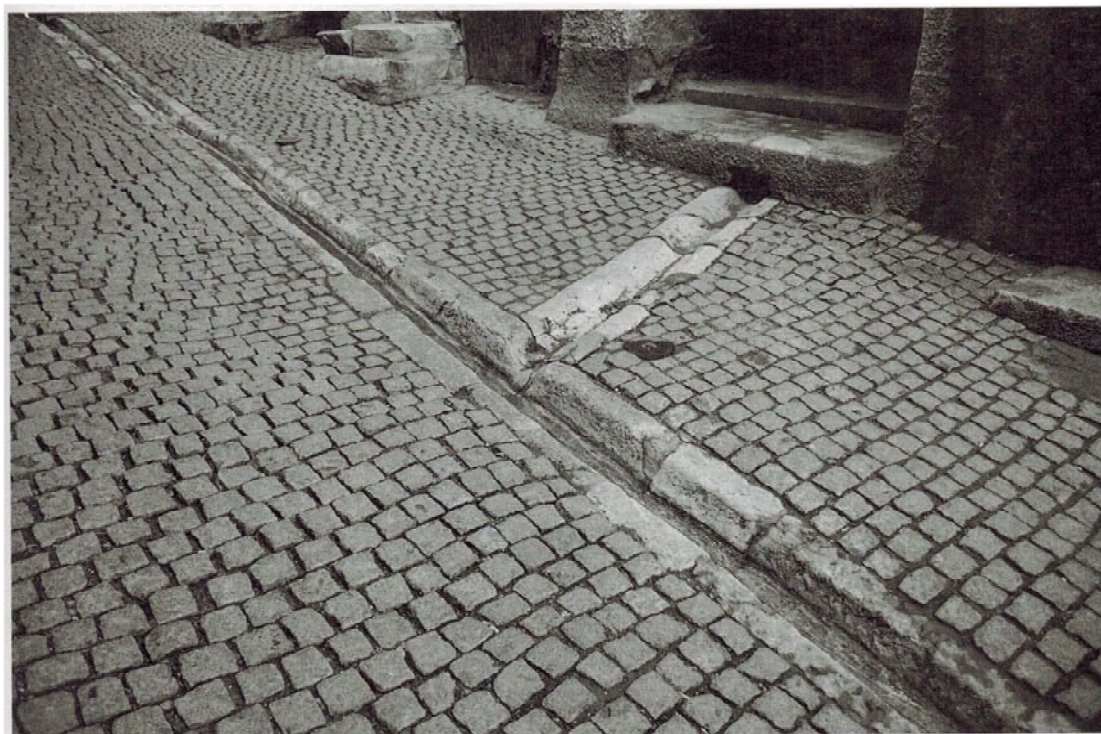


Fig. 2 – Briançon (Francia). Pavimentazione in selciato e canale di raccolta, in pietra, a cielo aperto. Vie cittadine con sezione trasversale concava.

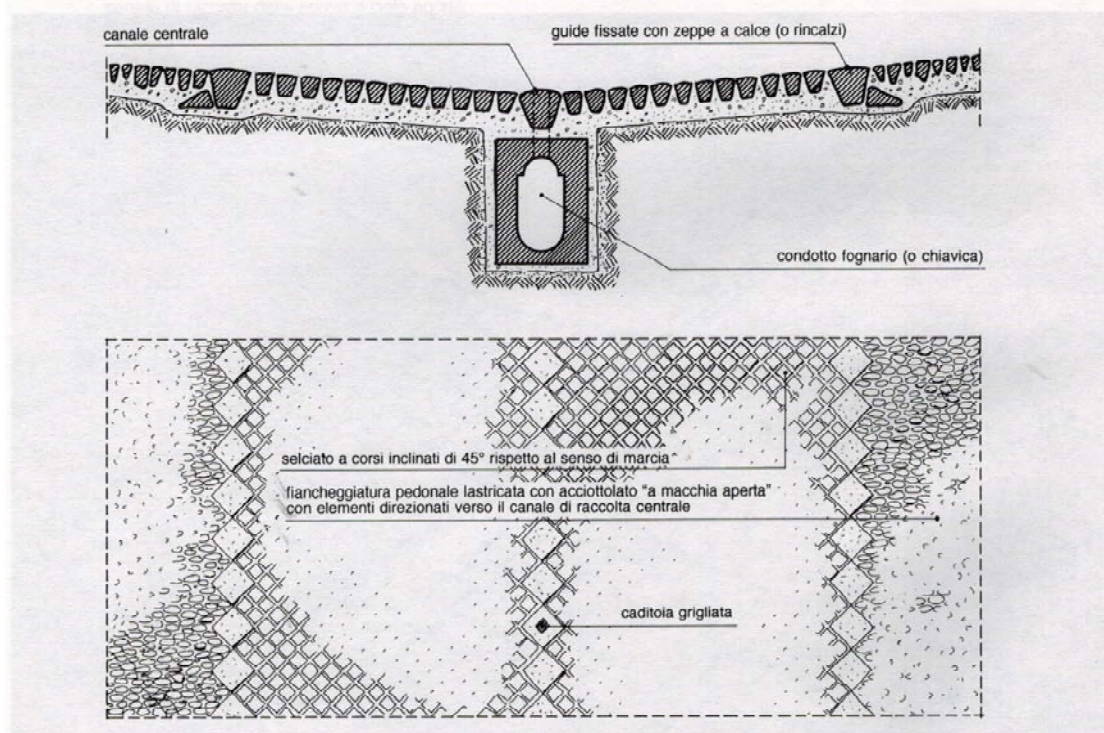
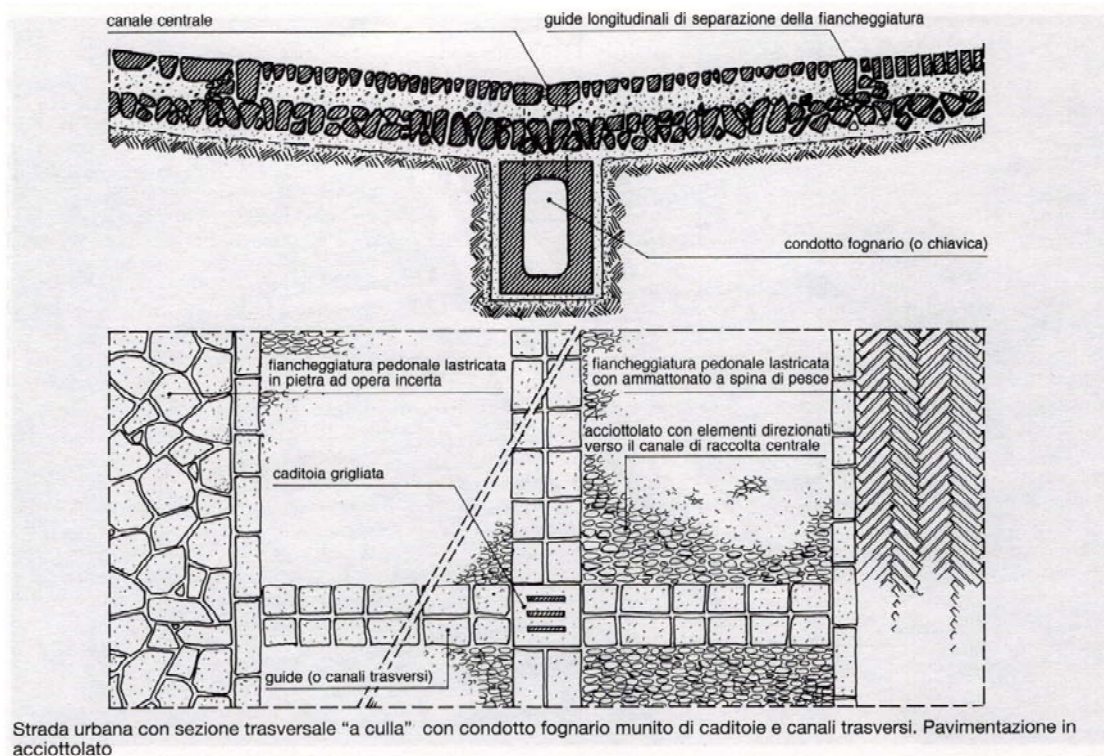


Fig. 3 – Vie cittadine con sezione trasversale concava.

Nel caso di strade urbane aventi sezione trasversale concava, con condotto fognario nella mezzzeria, frequentemente nel passato erano previsti degli

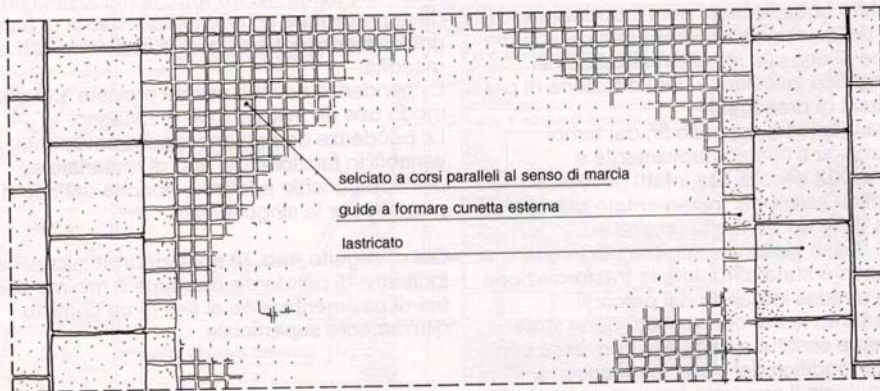
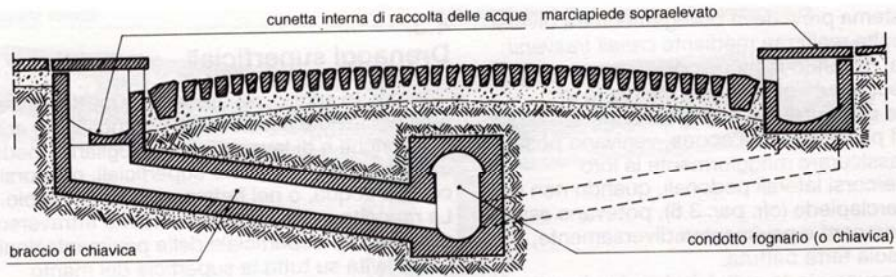
allacciamenti in corrispondenza delle caditoie, eseguiti tramite piccoli canali trasversali (*fig.3, in alto*). Nel tempo in cui le pavimentazioni erano eseguite a secco, gli elementi lapidei, o in laterizio, che formavano le canalette trasversali innanzi ricordate erano posati in opera a calce allo scopo di garantire in misura maggiore il deflusso dell'acqua.

Nel passato ci sono stati dei periodi in cui non era previsto il marciapiede, allora i percorsi pedonali posti lungo i bordi delle vie erano preservati ad esempio da paracarri e dotati di una pavimentazione differente, spesso in terra battuta.

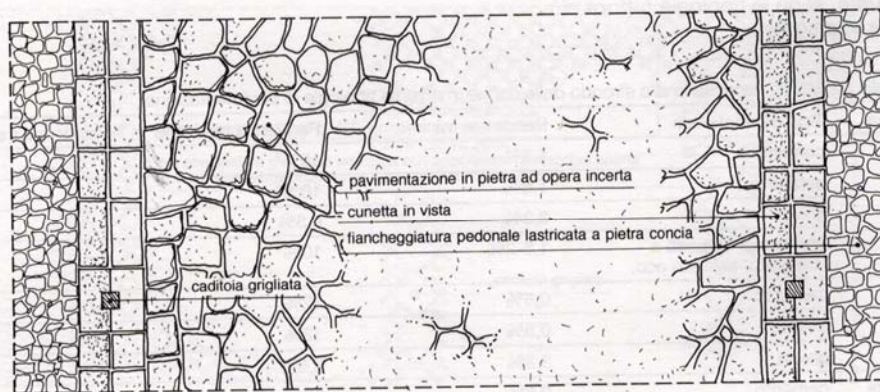
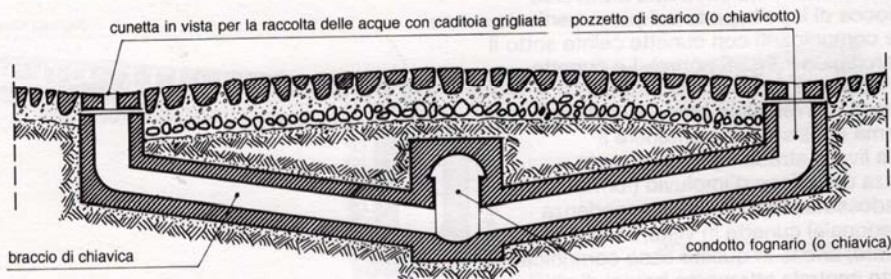
Con la ricomparsa dei marciapiedi rialzati (cfr. par. 4.4) la sezione trasversale concava della via è stata sostituita con quella convessa, perché dotata di maggiore resistenza alle sollecitazioni veicolari e perché favoriva la realizzazione di drenaggi più efficienti. Infatti, nel corso dell'Ottocento, a causa del notevole sviluppo urbano e industriale, si rese indispensabile la separazione del traffico pedonale, sempre più intenso, da quello veicolare in continua espansione.

Nelle nuove sezioni a "schiena d'asino" la chiavica conserva la posizione centrale originaria, però la raccolta delle acque avviene tramite caditoie a "bocca di lupo" aperte sulle pareti laterali rialzate della sede stradale, riservate ai pedoni, e colleganti le cunette poste sotto i margini dei marciapiedi (*fig.4, in alto*). I bracci di chiavica (o canali trasversali) collegano a loro volta le cunette sotterranee al condotto fognario centrale.

Una strada urbana può essere realizzata anche mantenendo i marciapiedi, a pendenza interna, a livello della carreggiata di profilo trasversale convesso (*fig. 4, in basso*.) In questo caso le canalette in vista (o cunette), poste in coincidenza delle linee d'impiuvio e dotate di caditoie grigliate, sono opportunamente allacciate al condotto centrale mediante bracci di chiavica.



Strada urbana con sezione trasversale convessa con marciapiedi sopraelevati. Pavimentazione in selciato



Strada urbana con sezione trasversale convessa con marciapiedi a livello. Pavimentazione con lastricato ad opera incerta

Fig. 4 – Vie cittadine con sezione trasversale convessa.

5.2.1 Drenaggi superficiali

Le pavimentazioni sono provviste di drenaggi superficiali al fine di raccogliere e inalveare, attraverso incanalamenti coperti o a cielo aperto, le acque pluviali e di lavaggio nei corsi d'acqua o nei corpi idrici.

Ovviamente le pavimentazioni vanno progettate e realizzate con pendenze idonee, affinché lo smaltimento delle acque possa avvenire in predeterminati punti di raccolta e in modo tale da evitare qualsiasi zona di ristagno; esse variano con il tipo d'impiego previsto per la specifica area, la qualità del materiale e la specificità dell'apparecchio da utilizzare.

Ad esempio, i percorsi pedonali da eseguirsi con pavimentazioni a elementi (lastricato, selciato etc.) devono avere indicativamente pendenze minime dell'1,5-2 % e massime del 10 % (8 % ai fini dell'accessibilità).

5.2.2 Incanalamenti superficiali delle acque

Fosse, cunette e canalizzazioni di forma e dimensioni varie sono le principali opere, ingegnosamente escogitate, adibite per la raccolta e l'immissione delle acque superficiali nelle posizioni prefissate.

Se rivestite con materiali molto scabri (ciottolato etc.), siffatte costruzioni riducono la velocità dell'acqua durante l'attraversamento.

Nel caso di superfici glabre, con commettiture distanziate e poco evidenti, va invece a incrementarsi la velocità dello stesso flusso idrico; situazione attuabile mediante elementi lapidei levigati o di calcestruzzo prefabbricato, di dimensioni in parte rilevanti.

Le canalizzazioni ricoperte di grigliato continuo, dette comunemente *fosse superficiali*, oltre ad essere adatte a scaricare le acque, consentono nello stesso tempo la percorribilità della pavimentazione.

Ai fini dell'accessibilità dei grigliati il D.M. 236/1989, punto 8.2.2, prevede che le maglie non possano essere oltrepassate da un corpo di forma sferica avente diametro di 2 cm.

Lungo i tratti stradali in pendenza, o in basso, sono poste a volte delle fosse superficiali, traverse, così da raccogliere e smaltire le acque. Accortezza da utilizzare in tutte quelle situazioni dove si prefigura un notevole scorrimento dell'acqua piovana. Qualora essa dovesse trascinare con sé una gran quantità di frammenti rocciosi o altro, il grigliato si ostruirebbe.

Ricollegandoci a quanto già esposto in modo sommario al par. 1.2, a riguardo della robustezza del pavimento stradale al movimento veicolare e pedonale,

illustriamo brevemente le norme DIN relative ai sistemi di drenaggio.

Allo scopo di semplificare il compito del progettista, nel selezionare il tipo di drenaggio più adeguato, la norma DIN 19580 prevede un *gruppo di classi di carico* (A-F: per *superfici di traffico*).

Suddetta disposizione si occupa delle *canalette di scolo* (drenaggi lineari), invece le norme DIN 1213 e 19599 riguardano gli *attacchi puntiformi* (scarichi e coperture).

Le norme DIN disciplinano: *standardizzazione, fabbricazione, caratteristiche e controllo di qualità*. Tale verifica tiene nella massima considerazione l'estrema varietà dei carichi.

Le diverse produzioni degli elementi strutturali dipendono in modo essenziale dall'intensità del traffico, dalla velocità e dal carico.

Il punto 9.2 della norma DIN 19580 stabilisce che gli elementi delle canalette, in condizione di utilizzo, vanno assoggettati a una prova di carico, quello definito in precedenza. Le griglie corrispondenti alle regole prefissate devono riportare l'acronimo dell'associazione DIN, la classe e il marchio del costruttore.

Infine la posa in opera va eseguita nel pieno rispetto delle prescrizioni emesse dal produttore e previste dalla norma DIN 19580 al fine di evitare il danneggiamento dell'elemento strutturale.

Vediamo ora in dettaglio le già annunciate classi di carico (norma DIN 19580).

Classe A: superfici di traffico che possono essere utilizzate esclusivamente dai ciclisti e dai pedoni e superfici paragonabili (ad esempio spazi erbosi).

Classe B: appartengono coperture destinate a parcheggio per automobili, aree di posteggio per autovetture, sentieri, zone pedonali e superfici paragonabili.

Classe C: riguarda aree di parcheggio, percorsi pedonali e canaletti di cordona di strade.

Classe D: si riferiscono a percorsi pedonali e carreggiate stradali.

Classe E: interessano superfici di traffico percorribili da veicoli con notevoli pesi sulle ruote ed escluse ai pedoni.

Classe F: si riferiscono alle superfici aeroportuali.

I drenaggi lineari, prodotti nel rispetto delle norme DIN 19580, sono contraddistinti da uno spiccato zelo progettuale e attuativo; l'illustrazione seguente (*fig.5*) riporta un esempio tratto dal catalogo del produttore ACO DRAIN.

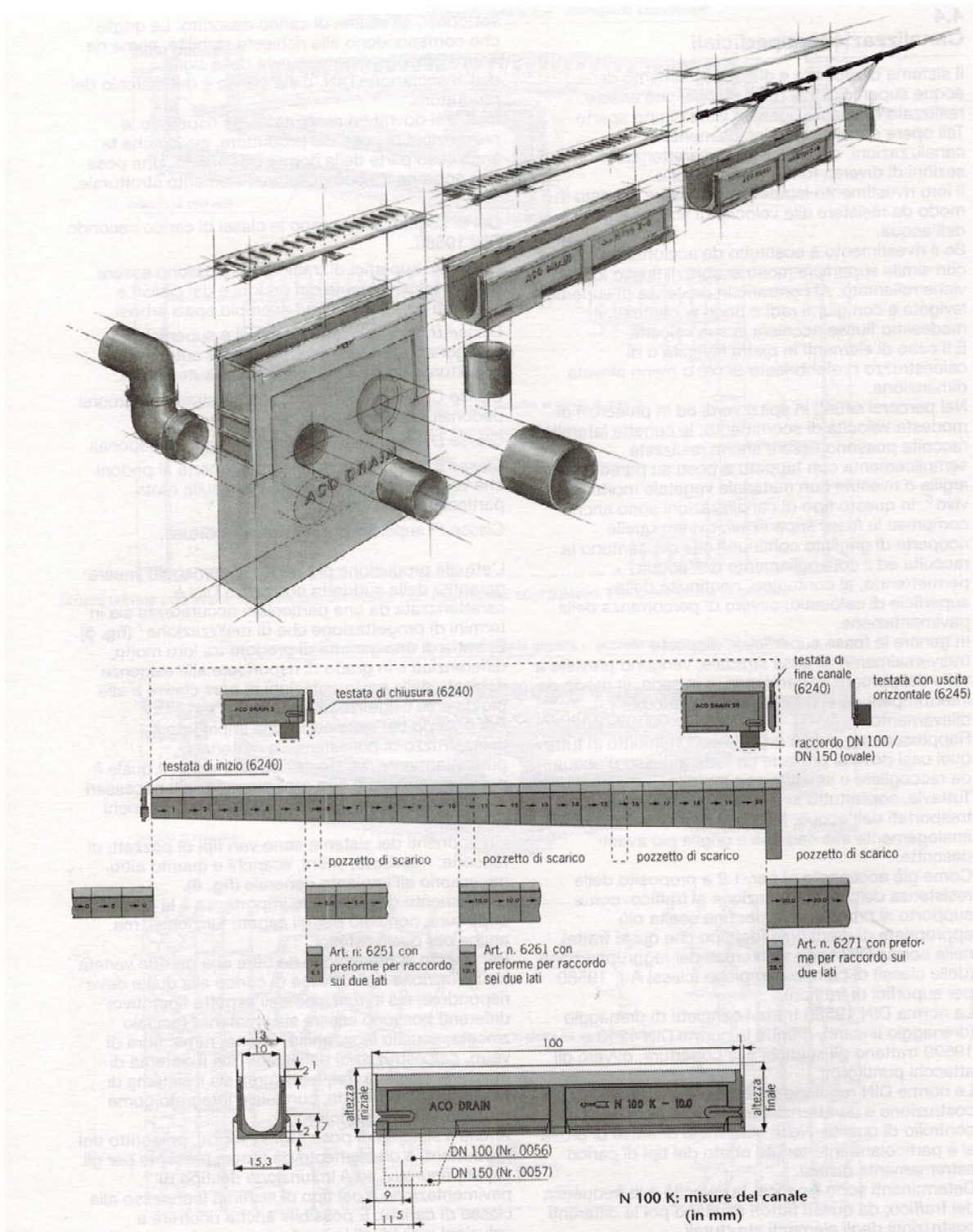


Fig. 5 – Sistema di drenaggio lineare ACO DRAIN.

Riguarda un'ampia varietà di manufatti, assai diversi tra loro, tale da soddisfare le necessità delle superfici pavimentali per ogni classe di carico e ai molteplici bisogni attinenti l'elaborazione tecnica di un progetto.

IL materiale ideale per produrre il corpo del canaletto è il *calcestruzzo di*

poliestere giacché molto resistente, poco pesante e adatto a eseguire con estrema accuratezza i risalti essenziali alle connessioni per le diverse varietà di scarichi verticali e di giunti.

Il sistema di drenaggio consta di sifoni, manicotti, scarichi, pozzetti di raccolta di vario genere etc. (fig.6).

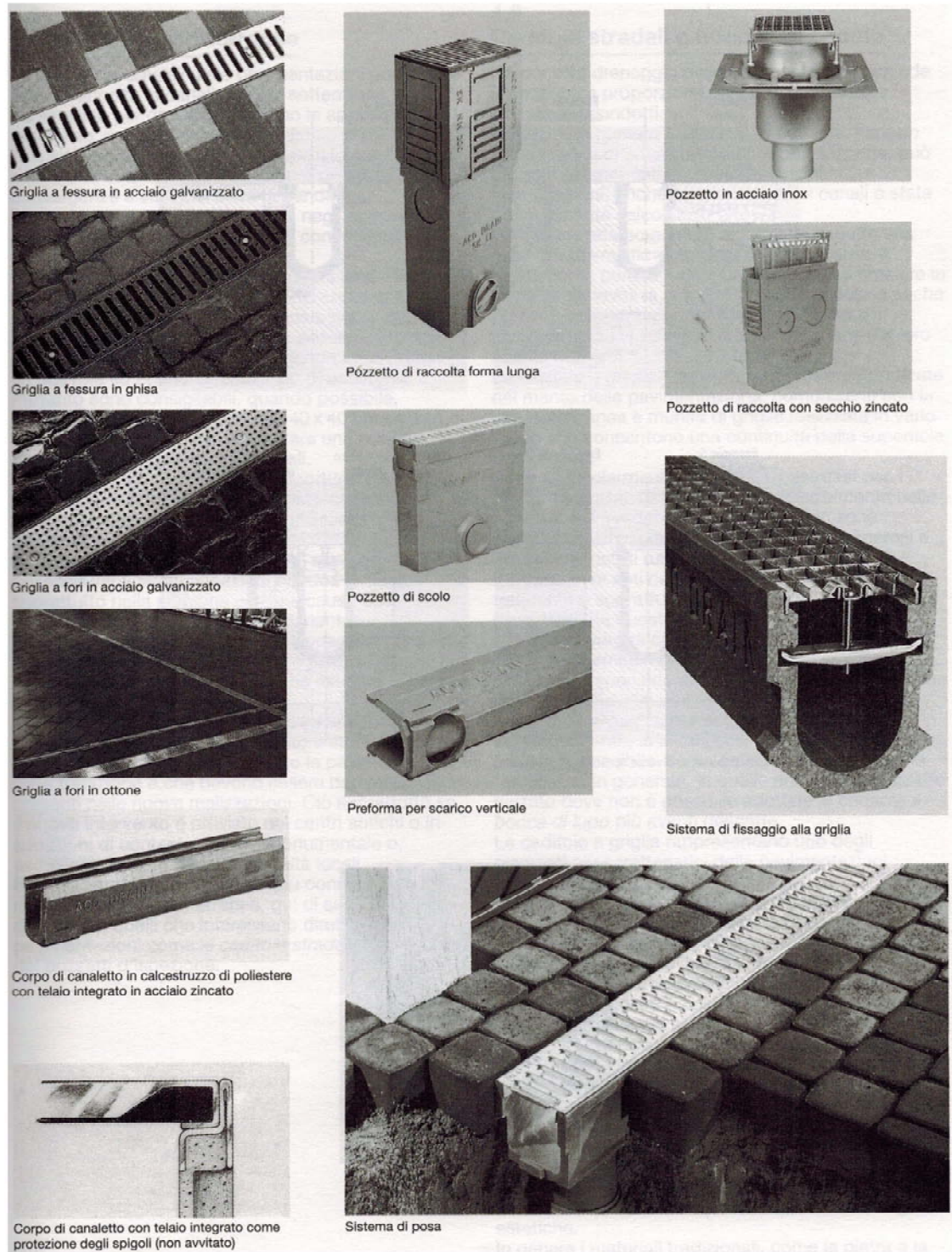


Fig.6 – Elementi del sistema di drenaggio lineare ACO DRAIN.

Elementi di fondamentale rilevanza, sia dal punto di vista estetico che funzionale, sono le *griglie di copertura*; un'ampia gamma di esse è pertanto prodotta al fine di soddisfare sia l'apparenza figurativa esteriore, che la rispettiva classe di carico.

I materiali generalmente impiegati nella loro realizzazione sono il calcestruzzo di poliestere, la fibra di vetro, la ghisa, l'acciaio zincato e inox etc. Inoltre la griglia può essere a fori, a fessure e a ponte; mentre il suo fissaggio può avvenire tramite barrette o telai integrati, per la protezione degli spigoli.

I metodi di posa, prescritti dal fabbricante, sono pure da prendere in considerazione per le apparenze esteriori che servono a dar figura; essi dipendono dalle molteplici varietà di canalette collegate alla classe di carico e al tipo di pavimentazione (*fig. 7*).

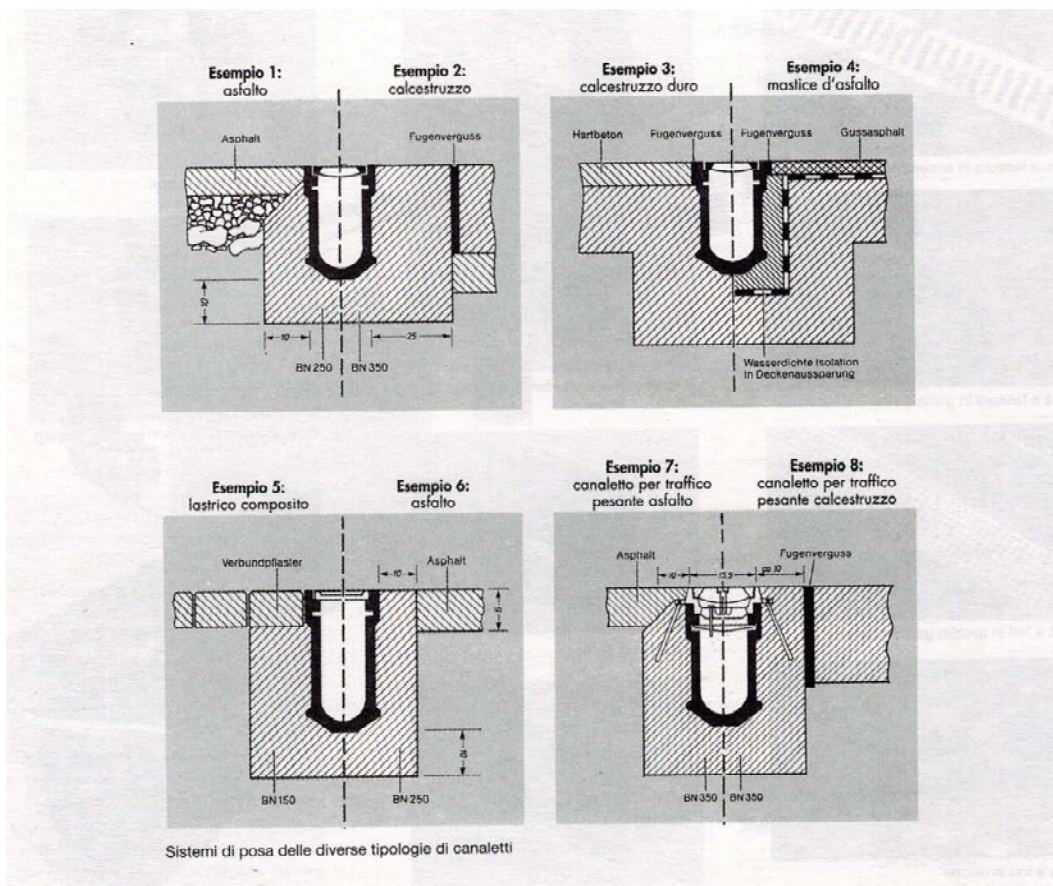


Fig. 7



Fig. 8 – Sistema di drenaggio lineare ACO DRAIN.

Allo scopo di soddisfare le necessità che riguardano la progettazione, sono anche ammesse soluzioni soggettive, ad esempio come nel caso di canalette curvilinee (fig.8).

5.2.3 Incanalamenti sotterranei delle acque

Di solito sono impiegate condotte sotterranee, di adeguate pendenze, per scaricare in un torrente, fiume, lago, etc. le acque che scorrono sulle superfici delle pavimentazioni stradali. Le strutture di raccolta, denominate caditoie stradali o bocche di caduta, a esse collegate sono costruite tramite aperture praticate nei cordoli dei marciapiedi, nelle cunette etc.

Lungo le canalizzazioni sono situati dei *pozzetti d'ispezione* dotati di sifone idraulico d'arresto delle esalazioni; in vie alberate o molto polverulenti devono essere spurgati di frequente. Sono generalmente costruiti in calcestruzzo cementizio poco armato. Se fattibile, si consigliano pertanto pozzetti profondi all'incirca 1 m e a sezione orizzontale quadrata 40 x 40 cm, tali da garantire la decantazione in situazioni normali. Infatti, pozzetti d'ispezione troppo profondi

rendono difficoltoso e costoso il lavoro di espurgo.

Per la stessa ragione si devono evitare ai canti delle vie molteplici bocche di caduta confluenti in un unico grande “pozzetto”.

Non solo, con il caldo estivo può generarsi la decomposizione delle sostanze organiche sedimentate, con produzione di gas fetidi.

Sia sotto l'aspetto funzionale, che tecnico compositivo le pavimentazioni sono molto condizionate dalle canalizzazioni superficiali nonché da quelle sotterranee (cfr. par. 5.2).

A conferma di quanto è stato detto, rileviamo che sia le declività, sia il numero, la collocazione e il tipo di caditoie stradali sono elementi entrati in modo essenziale nella realizzazione delle storiche pavimentazioni in pietra e da doversi pure prendere in seria considerazione nelle costruzioni in atto e future. Questo, in modo particolare, nel caso che un nuovo intervento sia contemplato in un nucleo originario di una città, che in genere è la sua parte di maggior interesse storico-artistico.

5.2.4 Caditoie stradali o bocche di caduta

Il sistema idraulico da impiegare per drenare le pavimentazioni deve essere progettato in modo tale da adeguare il numero di caditoie alle previste portate di deflusso nei condotti.

Le bocche di caduta, di vario tipo, sono pozzetti destinati a raccogliere le acque superficiali: sono costruite in calcestruzzo, in muratura di mattoni, oppure poste in opera prefabbricate.

Esaminiamo per prime le *caditoie a griglia*, frequentemente indicate con il termine improprio di tombino. Si realizzano attraverso delle aperture, nello strato superficiale della pavimentazione, da mettere in comunicazione con le condotte interrato della rete e dotandole di griglie, variamente attuate, idonee a dare continuità alla percorribilità.

D'altra parte l'accumulo di detriti trascinati dall'acqua le occlude di frequente, rendendo quindi essenziale un pronto intervento di nettezza. Tenendo presente le condizioni climatiche del posto e i conseguenti cicli di pulizia, il numero di caditoie a griglia va opportunamente accresciuto rispetto alla reale capacità di deflusso della rete.

Nelle strade provviste di marciapiedi a raso o in quelle con sezione “a culla” questo tipo di caditoie si rende insostituibile, pur presentando il sopraccitato inconveniente.

Le pavimentazioni urbane risalenti a epoche passate o fatte da poco tempo si

contraddistinguono anche per le caratteristiche delle caditoie a griglia.

Le *griglie* possono assumere le più svariate forme: circolari, quadrate, rettangolari, triangolari, o altre figure particolari per essere inserite nel modo migliore nei diversi tipi di pavimentazione, sia dal punto di vista estetico che funzionale.

Una situazione singolare si presenta ogniqualvolta si utilizzano, nei selciati con apparecchiatura a ventaglio (cfr. par. 4.2), caditoie a griglia di forma triangolare, con un lato convesso e due concavi, per una loro adeguata sistemazione tra gli elementi (*figg. 9, a destra, e 10, in alto a sinistra*).

I materiali utilizzati per realizzare le caditoie a griglia sono selezionati secondo criteri estetici e a esigenze di resistenza. Quelli maggiormente usati sono la pietra, l'acciaio, la ghisa, la ceramica e il calcestruzzo cementizio (elementi prefabbricati).

Nei giardini e nelle pavimentazioni, riservate ai pedoni, sono utilizzati di solito i materiali della tradizione, ghisa o pietra, per il loro aspetto estetico.

Di frequente sono utilizzate le caditoie di ghisa anche nelle pavimentazioni stradali, perché dotate di buona resistenza alle sollecitazioni, a differenza di quelle in pietra e in modo particolare se soggette a un transito veicolare pesante e intenso.

Sia i grigliati di pietra che quelli in ghisa sono concretati con una varietà di disegni: a fessure rettilinee parallele o circolari concentriche, a fori circolari o quadrati, a stella, a margherita e in altri molteplici modi secondo le richieste progettuali e la tradizione (*fig. 9*).

Nei lavori più comuni si adoperano anche i grigliati prefabbricati in cemento, pur non avendo la resistenza della ghisa e il pregio della pietra.

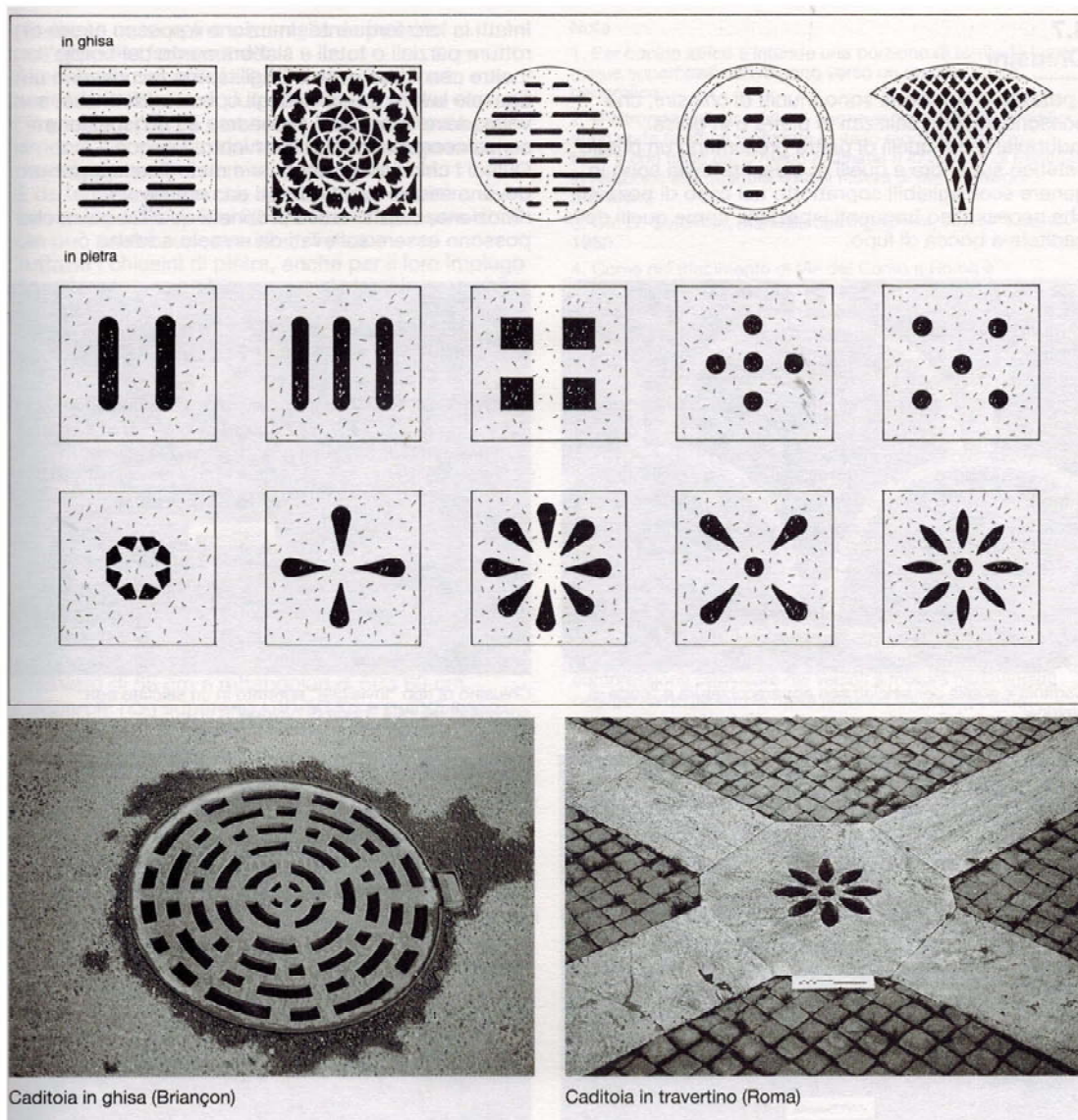


Fig. 9 – Caditoie a griglia di vario genere (in pietra e in ghisa).

Nella *tab. 2* si riportano le misure dei grigliati quadrati che di solito si trovano in commercio.

Materiale	Lato	Lato della superf. grigliata	Spessore
Cemento	30-80 cm	20-60 cm	7-18 cm
Ghisa	35-60 cm	25-50 cm	7-10 cm

Tab. 2 – Caditoie a griglia.

Nei luoghi d’incontro, all’aperto, fra venditori e compratori di beni (mercati) e

in tutte quelle situazioni in cui si esige un veloce deflusso dell'acqua e, una continua nettezza in conseguenza di una rilevante presenza di detriti, sono realizzate le *pilette*.

Sono bocche di caduta di conformazione cilindrica, dotate di un grigliato metallico sporgente dalla pavimentazione e conseguentemente inutilizzabili nelle ordinarie zone carrabili e pedonali, si prestano però a una comoda pulizia e a una semplice manutenzione.

Quando ai margini della pavimentazione ci sono muri di controripa o marciapiedi rialzati si possono anche costruire caditoie a bocca di lupo, perché offrono il vantaggio di non ostacolare la circolazione pedonale e veicolare. Le bocchette sono ricavate nelle loro superfici laterali in vista, alla base e a opportune distanze (*fig.10, in basso a destra*). In questo caso l'unico inconveniente che si può presentare è la rottura del cordolo in corrispondenza delle aperture, conseguente, ad esempio, alle sollecitazioni provocate dalle ruote dei veicoli che parcheggiano abusivamente sul marciapiede. Infatti, non essendo soggette alle sollecitazioni che interessano il piano viabile, non presentano le caratteristiche rotture e deformazioni delle caditoie a griglia.

Da questa breve disamina si evince che, nel limite del possibile, sono preferibili le caditoie a bocca di lupo perché si occludono meno frequentemente dei grigliati e, su questi, presentano una maggiore potenzialità di smaltimento, per cui ne consegue una riduzione del loro numero.

Ciononostante, allo scopo di garantire un regolare deflusso delle acque nella rete di raccolta, le caditoie a bocca di lupo vanno espurgate di frequente, specialmente in autunno con la caduta delle foglie morte o subito dopo un violento temporale. Indubbiamente lo scorrere dell'acqua, a modo di ruscello, trascina con sé, fin dentro i pozzetti, materiali d'ogni genere e gli allagamenti della sede viabile che ne derivano possono arrecare ingenti danni alla circolazione, agli edifici etc.

Il *servizio di spurgo* è eseguito da idonee squadre provviste di autoveicolo opportunamente attrezzato per la rimozione dei coperchi, di metallo o di pietra, che chiudono la bocca dei pozzetti (chiusini), delle sostanze estratte e il loro trasporto.

Molto più semplice è invece la pulizia delle caditoie a griglia, essendo bastevole l'asportazione dei detriti su di loro accumulatisi.

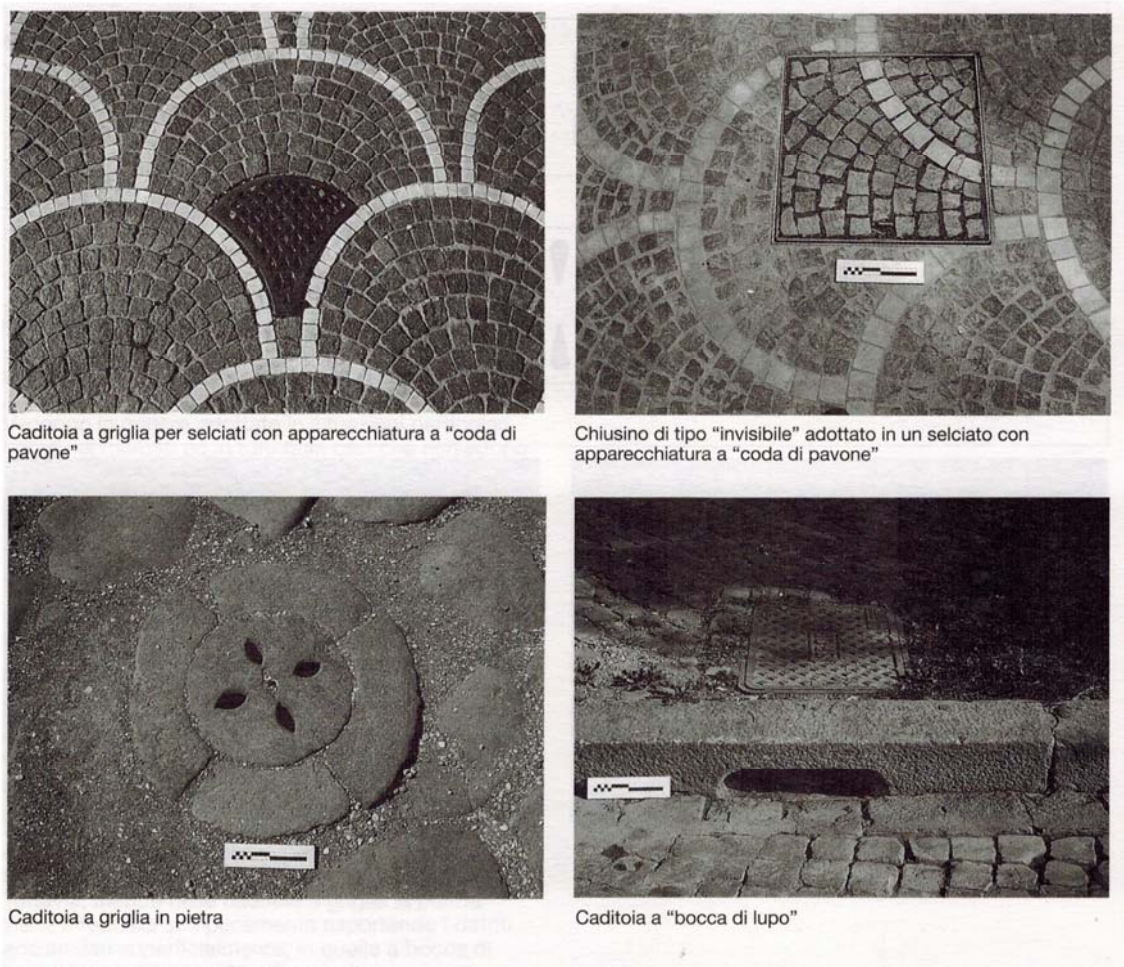


Fig.10 – Chiusini e caditoie.

5.2.5 Chiusini

I *pozzetti d'ispezione* sono messi lungo le canalizzazioni a una distanza di 50-80 m nelle fogne praticabili, di 25-30 m in quelle minori e ovunque siano presenti confluenze o curve; sono coperti da un *chiusino* in ghisa o in pietra.

I coperchi in pietra sono certamente di valore artistico assai più elevato di quelli in ghisa; peraltro vengono in genere esclusi ogniqualvolta riguardino pozzetti soggetti a ripetuti controlli, come quelli relativi alle caditoie a bocca di lupo. Invero le loro continue rimozioni possono provocare rotture abbastanza evidenti e scheggiature dei bordi. Per di più con il proprio peso e la loro fragilità, i lavoratori preposti allo spurgo, oppure a una semplice ispezione, si trovano a svolgere un lavoro pieno di difficoltà.

Di conseguenza i pozzetti d'ispezione, soggetti con frequenza a sistematici controlli, devono essere provvisti di chiusini in ghisa giacché facilmente rimovibili anche da un singolo operaio per mezzo di un rampino a maniglia, da

introdurre nell'apposito buco situato nel centro.

Infatti, al presente, sono prodotti chiusini di ghisa di forme rettangolari, 50 x 60 cm, e circolari con diametro di 55 cm: il loro peso può variare fra 40-50 kg, sono pertanto di facile maneggevolezza.

Il sollevamento dei chiusini di pietra è invece assai più complicato poiché richiede l'intervento di alcuni operai, l'ausilio di un piccolo paranco e delle leve.

Rileviamo che un coperchio di pietra quadrato, 60 x 60 cm, e dello spessore di 20 cm può pesare all'incirca 2 q.

Malgrado ciò, sono impiegati in virtù della tradizione e del loro elevato valore estetico ogniqualvolta i pozzetti fanno capo a canali di notevole sezione e che quindi non necessitano di ripetuti controlli.

Il granito, il porfido, il basalto etc. sono rocce non gelive, dure, molto resistenti alla compressione e al logoramento e quindi idonee a essere utilizzate per ricavare i chiusini. Altrettanto non può affermarsi per le pietre calcaree perché poco resistenti all'usura e quindi al traffico veicolare, ma pur sempre adatte per quello pedonale.

Sono attuati anche chiusini di tipo diverso allo scopo di farli apparire pressoché impercettibili, all'occhio umano, nella pavimentazione.

A tal fine si costruisce un contenitore metallico in cui inserire gli elementi della pavimentazione: telaio e fondo realizzati utilizzando rispettivamente profilati di acciaio e lamiera, saldati fra loro in modo opportuno (*fig.10, in alto a destra*).

Un'altra possibile soluzione consiste nel posizionare in modo diretto sul predetto telaio una lastra sottile in calcestruzzo armato, nella quale collocare in un prefissato ordine gli elementi della pavimentazione.

Alla presenza di pavimentazioni costituite da lastre di pietra, ossia di lastricati, un singolo elemento o una sua porzione può essere inserito/a direttamente nel telaio.

Questi tipi di coperchi, oltre ad essere in genere assai pesanti, offrono una ridotta robustezza alle sollecitazioni dovute al transito dei veicoli. In effetti, il telaio del chiusino tende a dilatarsi sino a unirsi a quello fisso del pozzetto; aderenza che viene poi ulteriormente accresciuta dalla formazione della ruggine sulle superfici dei profilati d'acciaio. Pertanto ogniqualvolta si presenti la necessità di smuovere il chiusino s'incontrano rilevanti difficoltà e il loro impiego, nei percorsi carrabili, è quindi inadeguato. Mentre tali coperchi si utilizzano di solito quasi esclusivamente nelle zone pedonali, in modo particolare se pavimentate con elementi di ridotte dimensioni e quindi di peso contenuto.

INDICAZIONI BIBLIOGRAFICHE

G. Colombo, *Manuale dell'Ingegnere civile e industriale*, Ed. Hoepli, Milano 1968.

Manuale del costruttore civile e del geometra, Ed. Cremonese, Roma 1964.

G. Tesoriere, *Strade Ferrovie Aeroporti*, Ed. UTET, Torino 1979.

G. Blanco, *Pavimenti e rivestimenti lapidei*, Ed. La Nuova Italia Scientifica, Roma 1991.

G. Blanco, *Pavimentazioni in pietra*, Ed. Carocci, Roma 1994.

L. De Col, P. Mazzalai, S. Odorizzi, *Elementi di Litologia e Geologia*, Ed. CLEUP, Padova 1970.

G. Della Beffa, *Chimica applicata ai materiali da costruzione*, Ed. SEI, Torino 1963.