



Città di Lecce

Assessorato Urbanistica

P C A

**PIANO DEL COLORE E
DELL' ARREDO URBANO
DEL CENTRO STORICO
D'INTERESSE AMBIENTALE**

**GUIDA ALLE ANALISI ED INDAGINI
COLORIMETRICHE E STRATIGRAFICHE**

IL COLORE: PERCEZIONE E STRUMENTI DI MISURA

Il colore è una sensazione percepita dal cervello come il risultato di una combinazione di effetti.

Per questo risulta difficile definire tale sensazione in modo oggettivo.

Per riuscire a percepire il colore di un oggetto è essenziale siano presenti contemporaneamente i seguenti elementi:

- una sorgente luminosa
- un osservatore
- un oggetto

Ognuno di essi risulta determinante nel provocare la “sensazione colore” nel cervello dell’osservatore.

Quando la luce colpisce un oggetto, essa viene in parte assorbita dallo stesso ed in parte riflessa, quest’ultima raggiungendo l’occhio, forma un’immagine sulla retina.

Vengono così eccitati elementi chiamati coni (sensibili alla luce già a livelli molto bassi) e bastoncelli (sensibili solo quando la luce aumenta) che, attraverso il nervo ottico, trasmettono impulsi al cervello che li identifica sottoforma di colore.

Purtroppo l’occhio umano ha una percezione solo approssimativa del colore: riesce a rilevare solo una piccola parte dello spettro elettromagnetico che si estende da circa 380 a 700 nanometri e risulta essere poco sensibile nelle zone dello spettro corrispondenti al rosso-violetto e molto di più in quelle del verde-giallo.

Quando le condizioni di luminosità sono scarse, la percezione del colore risulta falsata a causa di un’ulteriore differenza fra coni e bastoncelli: i primi sono sensibili alla luce verde-giallastra, mentre i secondi vengono stimolati dal verde-azzurro.

Il cervello, automaticamente, esegue una compensazione, per cui un oggetto non viene giudicato solo di per se stesso, ma anche in base al colore di ciò che lo circonda.

L’attivazione di questo processo fisiologico, in base al quale la giusta lettura viene modificata dalla “complementarietà cromatica”, è il motivo per cui ogni volta che scegliamo un colore e lo applichiamo, il risultato è differente da quello che ci aspettavamo.

E’ opportuno dare particolare rilievo alle differenze fra la percezione visiva (e i fattori che la influenzano: riflessione, brillantezza e fluorescenza) e la misura oggettiva mediante strumentazione.

Il colore si ascrive generalmente a un oggetto, da cui derivano aggettivazioni come “una mela rossa”, la “macchina verde” ecc., ma è innegabile che esso esiste in quanto percezione sensoriale dell'osservatore.

In genere descriviamo il colore di un oggetto come il suo aspetto esteriore, pur sapendo che stiamo parlando della “nostra” percezione del colore.

Il successo di una misura strumentale, tuttavia, è valutato spesso determinando la fedeltà dei risultati alla percezione dell'osservatore: di conseguenza, si deve costantemente riesaminare il fenomeno oggettivo al fine di stabilire la concordanza fra la misura rilevata con la strumentazione e l'oggetto percepito.

A tutti noi è forse capitato di vedere una figura geometrica simile al triangolo che descrive i fattori che incidono sul colore : la fonte, l'oggetto e l'osservatore.

Cambiando uno qualsiasi di questi fattori, può cambiare anche il colore: di una luce ad ampio spettro da un oggetto si riflette una porzione, tale frazione stimola una sensazione nel nostro occhio e viene interpretata come colore.

Utilizzando la strumentazione di misura, il processo è simile. In uno spettrofotometro si misura il fattore di riflettanza che viene poi integrato matematicamente con le funzioni dell'illuminante e dell'osservatore per produrre i valori tristimulus.

Quindi, i valori tristimulus vengono letti direttamente per quel particolare illuminante, materiale ed osservatore.

Si dice che il colore di due oggetti è messo a campione quando la luce da essi riflessa dà la stessa percezione del colore elaborata dal cervello.

Poiché il processo visivo scatena delle reazioni chimiche nei coni e bastoncelli retinici, tradotti in impulsi nervosi attraverso diversi strati di cellule con differenti capacità di elaborazione, l'informazione trasmessa al cervello si riduce a vari mutamenti opposti.

Quel che noi sappiamo è che percepiamo un certo colore.

Si tratta, quindi, di una luce specifica, di un campione e di noi stessi come osservatori (una sorta di colorimetri umani) ma non si tratta di un'analisi dello spettro completa.

Quando la luce colpisce la superficie di un materiale, se essa proviene da un punto o una sorgente che sottende a un angolo di dimensioni limitate, si avrà una luce collimata ed un angolo di illuminazione specifico.

Poiché l'energia luminosa passa in un mezzo che ha un indice di rifrazione differente rispetto a quello dell'aria, una parte della luce è riflessa ed una parte trasmessa in base alla legge di Snell.

La luce riflessa muta direzione e sembra che lasci il mezzo con un angolo uguale ma opposto a quello illuminante misurato dalla perpendicolare alla superficie: questa è definita riflessione speculare.

La misura della luce trasmessa e di quella che passa attraverso l'interfaccia nel materiale è determinata dal cambiamento dell'indice di rifrazione fra l'aria e il materiale e dall'angolo di incidenza.

Le equazioni utilizzate per questa determinazione sono ben note (spesso definite equazioni Fresnel) e sono descritte in molte pubblicazioni.

La distribuzione della luce riflessa, inoltre, dipende dalla levigatezza della superficie del materiale.

Sulla misura del componente speculare si basa lo sviluppo di temi quali la brillantezza, l'effetto a buccia d'arancia, la chiarezza dell'immagine e molti altri. Questi vengono determinati mediante apparecchiature specializzate quali il glossmetro.

A proposito della riflessione superficiale è importante ricordare che:

- il componente speculare ha le caratteristiche dello spettro della sorgente luminosa, non del rivestimento;
- la riflessione speculare parte da una superficie secondo un'angolazione uguale ma opposta all'angolo di incidenza;
- la distribuzione angolare della luce riflessa è determinata dalle caratteristiche della superficie del rivestimento, vale a dire il suo grado di levigatezza.

La brillantezza, l'effetto a buccia d'arancia, la chiarezza dell'immagine ecc. sono tutti fenomeni superficiali che influiscono sull'aspetto e sul colore.

Il cervello umano ha capacità sorprendenti.

Si pensi solo all'analisi inconscia che avviene automaticamente.

Quando osserviamo un paramento murario alla luce del sole in una giornata chiara e luminosa è facile riconoscerne la cromia.

Se ci domandano di che colore è il paramento rispondiamo correttamente senza esitare.

Tuttavia, che cosa vediamo realmente?

Probabilmente sulla superficie sono presenti delle macchie che producono dei colori differenti rispetto a quelli che vediamo.

Questi riflessi sono importanti perché ci aiutano a cogliere i dettagli dei vuoti, dei pieni, degli elementi decorativi, del contesto in genere.

In effetti la percezione visiva del paramento, le zone di massima luce e i riflessi sono solo alcuni degli strumenti di cui ci serviamo per decifrare l'illuminazione dell'area.

Quel che possiamo affermare con certezza è che siamo in grado di percepire chiaramente queste variazioni di colore, ma non ci facciamo ingannare da questi riflessi o macchie di colore.

Non tutta la strumentazione ha le stesse capacità cognitive quindi la "macchina pensante" è l'utilizzatore, da cui non si può prescindere.

Quando determiniamo visivamente il colore, muoviamo intenzionalmente la testa per evitare di essere abbagliati dal riflesso della luce.

Quando misuriamo il colore del paramento murario selezioniamo intenzionalmente la geometria della misura che è pari a 45/0 oppure diffusa escludendo il componente speculare

In questo modo deduciamo il colore del muro e non il colore della luce riflessa specularmente.

Le ombreggiature o le angolazioni variabili dell'illuminazione sono altri aspetti dell'adattamento cognitivo.

Si immagini di osservare l'angolo di una stanza, di cui i due muri che si intersecano sono stati verniciati con colore uguale: essi appaiono uguali, tuttavia, esiste un modo semplice per rimuovere l'aspetto cognitivo ed esaminare la nostra percezione.

Si prenda un tubo o un altro arnese per isolare il colore dall'ambiente circostante e si esamini ciascun muro singolarmente: è molto probabile che uno dei muri abbia un'illuminazione più diretta e che appaia più chiaro o di un colore differente.

Se è vero che vedremo l'effettiva differenza di tonalità fra i colori dei due muri, non la riporteremo verbalmente, in altri termini, più che percepire la differenza inquadrando la scena, noi la intuimo.

L'esperienza ci induce a credere che la pittura è uniforme e che i muri sono stati verniciati utilizzando la stessa tinta ed affermiamo che la differenza che percepiamo è oggettiva in quanto causata dall'inter-riflessione e dai rapporti angolari fra i muri, dall'illuminazione e i nostri occhi.

Tutto questo è il risultato della nostra analisi inconscia della scena. Se scartiamo le suggestioni ed isoliamo il colore superficiale, ad esempio guardando attraverso il tubo, e, quindi, eliminiamo le suggestioni determinate dagli stimoli circostanti, automaticamente poniamo fine a questa analisi inconscia.

E' importante ricordarsi che la strumentazione di misura del colore esclude sempre l'analisi inconscia.

Forniamo un altro esempio di come la percezione visiva del nostro occhio/cervello analizza i dati immessi per produrre dei risultati.

Si immagini di essere seduti nel salotto di casa nostra, di pomeriggio.

Questo ambiente è illuminato dalla luce proveniente dalla finestra.

Potrebbe trattarsi di un'illuminazione diffusa, (nessuna luce solare diretta).

Se decidiamo di accendere una lampada incandescente accanto alla nostra sedia, in quel momento e per poco tempo la pagina bianca che abbiamo sotto gli occhi appare giallognola e i colori degli altri oggetti nella stanza cambiano, tutta la scena cambia.

Lentamente e impercettibilmente le pagine tornano ad essere bianche e i colori alle loro tonalità originali. Hanno luogo diversi fenomeni: diciamo che ci adattiamo alla luce, in effetti, vi è un adeguamento cromatico ed una costanza del colore: le pagine bianche continuano ad apparire bianche poiché non siamo in grado di guidare il meccanismo di adattamento visivo, non siamo in grado di separare facilmente questi fenomeni.

Ci adeguiamo sempre a una certa illuminazione ma è improbabile che questa sia

l'illuminazione con la quale l'apparecchiatura calcola le coordinate cromatiche del materiale misurato.

I cambiamenti di illuminazione sono evidenti, nessuno cadrà in questa trappola. Tuttavia, esistono delle differenze più sottili, cui tendiamo a non pensare.

Per esempio, invecchiando (e non si parla di età senile ma già dai primi sei mesi di vita) il cristallino comincia a diventare giallo.

Ciò significa che tutti noi vediamo gli stessi oggetti con un'illuminazione leggermente diversa.

Invecchiando aumenta, inoltre, la sensibilità delle terminazioni nervose dei coni del sistema visivo.

In precedenza si è discusso di come analizziamo cognitivamente le condizioni di illuminazione e come le intuiamo, come il nostro cervello è in grado di analizzare le origini dei mutamenti cromatici.

Ora è importante sottolineare che vi sono situazioni in cui è facile ingannarsi; situazioni in cui l'esperienza è fuorviante, ed altre ancora in cui è impossibile verbalizzare la differenza di primo acchito.

I nostri occhi sono colorimetri, non spettrofotometri.

Diversamente dal suono, di cui percepiamo la ricchezza di frequenze singole o multiple, nella visione non analizziamo ogni lunghezza d'onda ma utilizziamo piuttosto un sistema tricromatico.

Questo significa che molte curve dello spettro possono essere integrate negli stessi valori colorimetrici tristimulus.

Non siamo in grado di dire quale curva della riflettanza spettrale abbia prodotto una serie di valori tristimulus e questo fenomeno è detto metamerismo.

Esistono il metamerismo dell'illuminante e il metamerismo dell'osservatore, ed entrambi producono variazioni colorimetriche nelle situazioni in cui i materiali confrontati non presentano uguali curve di riflettanza.

Questi fenomeni, rendono complesso lo studio dei colori, pertanto risulta particolarmente utile l'uso di apparecchi di misura che siano svincolati dalla soggettività della percezione cromatica.

Al di là del problema della percezione soggettiva, per cui "nessuno può sapere con certezza se chi gli sta vicino vede un determinato colore precisamente come lo vede lui", anche identificare i colori attraverso i loro nomi risulta, non solo complesso, ma soprattutto terminologicamente non univocamente determinato.

Prevedere la redazione di una cartella colori redatta da tecnici altamente qualificati ed esperti nel settore, sulla base di atlanti colore quali Munsell, Ral, NCS, etc., benché prassi consolidata, costituisce un elemento esclusivamente orientativo, ma privo di ogni valore scientifico.

Inoltre, l'elaborato redatto, subisce un deterioramento cromatico nel tempo, con

successiva modifica degli standard di riferimento che non assicurano la continuità qualitativa.

Occorre quindi stabilire un criterio di identificazione, classificazione e riproducibilità del colore e affidarsi ad uno strumento in grado di effettuare una lettura oggettiva del colore.

Uno spettrofotometro dà la riflettanza in funzione della lunghezza d'onda, da cui è possibile calcolare i valori colorimetrici e solo tale strumento è in grado di fornire i dati necessari per analizzare i pigmenti e per la preparazione del database.

Un colorimetro (semplice comparatore di colore) è in grado di fornire informazioni simili a quelle del nostro sistema visivo pertanto, come quest'ultimo, non può differenziare gli spettri, necessitiamo, quindi, dell'uso di uno spettrofotometro.

Tali apparecchiature, sono costituite da un compartimento di misura, da un monocromatore, da rilevatori montati su banchi ottici appropriati e da un sistema per acquisizione ed elaborazione dei dati.

Come già descritto, la percezione del colore dipende dall'intensità e dalla geometria d'illuminazione dell'oggetto: pertanto per la valutazione del colore sia sensoriale che strumentale la CIE (Commission Internationale dell'Eclairage) ha stabilito fin dal 1931 gli "illuminanti standard", cioè un gruppo di sorgenti di illuminazione basate su una lampada a filamento di tungsteno filtrata, per approssimare le caratteristiche spettrali della luce naturale, definite dalla temperatura di colore: l'illuminante A ($T = 2848$ K) che simula una lampada incandescente, B ($T = 4800$ K), con filtro che simula la luce solare diretta, C ($T = 6770$ K) con filtro che rappresenta la luce media del giorno.

Nel 1964 sono stati introdotti gli illuminanti D che non solo rappresentano la luce del giorno in modo più completo del C, ma possono essere variati in un ampio intervallo di temperature di colore. Il più usato è il D65 ($T = 6500$ K), che permette la valutazione di materiali fluorescenti o trattati con sbiancanti ottici, non misurabili dall'illuminante C privo di emissione nell'UV.

Sono stati introdotti più di recente gli illuminanti F per le misure di fluorescenza.

Le sorgenti più usate sono le lampade alogene al tungsteno filtrate (C e D65) e le sorgenti ad arco di xeno a impulsi che permettono di simulare diversi tipi d'illuminanti standard (A, C, D e F) eliminando i tempi di preriscaldamento e riducendo al minimo la generazione del calore. Inoltre, si può portare l'esposizione a tempi brevissimi, evitando, pericoli di alterazione di campioni fotosensibili.

Per la determinazione del colore reale del campione, esso deve essere illuminato in modo da escludere effetti dipendenti dai suoi attributi geometrici.

Gli oggetti possono essere suddivisi in quattro classi, per i quali deve essere scelto il metodo di misura in funzione della geometria d'interazione col raggio di luce.

La geometria di riflessione deve essere selezionata in funzione delle caratteristiche fisiche del campione.

Le condizioni d'illuminazione del campione e di rivelazione del raggio riflesso raccomandate dalla CIE sono le seguenti :

- ✓ $0 / 45$: il campione viene illuminato entro un angolo di 0 ± 10 rispetto alla perpendicolare sulla superficie del campione e la luce diffusa raccolta ("vista") a 45 ± 5 ;
- ✓ $45 / 0$: l'illuminazione avviene sotto un angolo di 45 ± 5 e l'osservatore a 0 ± 5 normalmente al campione: queste geometrie possono essere utilizzate per oggetti piani;
- ✓ $0 / d$: la luce colpisce direttamente il campione entro un angolo 0 ± 10 , quella riflessa viene diffusa in una sfera integratrice;
- ✓ $d / 0$: la luce diffusa nella sfera integratrice colpisce il campione e viene captata dal rivelatore a 0 ± 10 : in ambedue la componente speculare può essere esclusa o inclusa.

La disposizione $45 / 0$ di riflessione è applicata in strumenti portatili e da banco: per esempio, in uno strumento per la valutazione del colore su superfici opache o irregolari rispetto a campioni lucidi dove il campione è illuminato da 8 fasci di luce circolari a 45 e il raggio riflesso viene captato dal rivelatore posto a 0 . Questa geometria sembra la più corretta per il confronto e l'imitazione del colore di oggetti con diverso aspetto superficiale ed è adatta a misure di differenze di colore.

Di uso generale per la riflessione diffusa è la sfera di Ulbricht, che permette di escludere le influenze della curvatura e delle irregolarità delle superfici colorate. Essa consiste di una sfera cava munita di tre finestre circolari e con la superficie ricoperta da uno strato di materiale molto riflettente, in modo che la radiazione diffusa possa essere riflessa quasi al 100%.

Lo strato era ottenuto facendo depositare uniformemente MgO prodotto dalla combustione di trucioli di Mg nell'interno della sfera.

Tale tipo di rivestimento, molto friabile, nella pratica attuale viene sostituito da vernici bianche (di solito al $BaSO_4$, $MgCO_3$) debitamente tarate con MgO standard.

Il diametro della sfera può essere di qualsivoglia dimensione, ma l'area della finestra d'illuminazione dei campioni non deve superare il 10 % della sua area totale.

Alcuni modelli di sfera sono ad apertura variabile.

Con la sfera di diffusione la componente direzionale (speculare) della luce riflessa viene misurata insieme con quella diffusa.

Per la separazione delle due componenti viene applicata una trappola che permette l'inclusione o l'esclusione della riflessione speculare e, quindi, di valutare indipendentemente la chiarezza e lucentezza del colore.

Sono anche prodotti sistemi emisferici di riflessione diffusa.

La geometria di riflessione della sfera integratrice più adatta negli strumenti è la $d/8$ in conformità agli standard ISO e DIN.

In questo tipo di sfera gli impulsi di luce generati dalla sorgente ad arco di xeno diffondono dalla superficie interna della sfera ed illuminano uniformemente la superficie del campione.

La luce riflessa dal campione all'angolo di 8° entra in un cavo a fibre ottiche e guidata ad un sensore spettrale.

Contemporaneamente la luce dentro la sfera integratrice viene raccolta da una seconda fibra ottica e convogliata ad un secondo sensore spettrale per il controllo dell'illuminazione.

Ad 8° rispetto alla perpendicolare sul campione, dalla parte opposta al foro di uscita, è applicata la trappola per l'esclusione della componente speculare SC, che consistente di un foro chiuso da un coperchio a fondo bianco sollevabile.

Quando il foro è chiuso la componente speculare è inclusa (posizione SCI), e quando è sollevato (posizione SCE) viene inserita una superficie nera, che assorbe il raggio speculare riflesso escludendolo dalla radiazione diffusa.

Lo sviluppo matematico delle teorie del colore, con l'introduzione dell'osservatore standard, simulante la risposta dell'occhio umano, sotto angoli di visione specificati, alle differenti lunghezze d'onda dello spettro visibile, ha condotto alla definizione delle funzioni tricromatiche X, Y, Z riferite geometricamente ai tre colori primari (valori tristimolari) e al loro calcolo dalle curve spettrofotometriche del colore. La loro trasformazione in coordinate cartesiane di cromaticità x, y ha generato il luogo dei colori che si trovano inclusi entro un perimetro a forma di ferro di cavallo dove cadono i colori spettrali puri.

In questa scala di colore, nota come CIE 1931, Y, x, y , la tinta è definita dalla L dominante determinata sul perimetro del diagramma al punto d'incontro della semiretta tracciata tra il punto neutro dell'illuminante e quello del colore misurato, la saturazione come purezza (rapporto tra la distanza del punto di colore dal punto neutro dell'illuminante e la distanza dell'illuminante dal luogo dei colori spettrali).

La chiarezza è ricavata come Y , che è la riflettanza del campione rispetto al bianco standard = 100 al massimo di 1 del verde.

Questa scala, peraltro valida per specificare il colore per se stesso, non è approssimabile al solido di colore uniforme di Munsell, perchè l'occhio umano non percepisce distanze matematiche identiche nel diagramma CIE: è sensibilissimo a piccole differenze nella zona blu-violetta, mentre non lo è nella zona del verde; inoltre lo spazio di colore non è assimilabile ad un cilindro, ma ad una piramide pertanto è di difficile applicazione alla misura di differenze di colore.

Sono state derivate, quindi, scale di colore le cui formule permettano una migliore approssimazione al solido di colore uniforme.

Le scale più importanti sono in genere convertibili tra loro, in quanto derivate dalle funzioni tristimolari X, Y, Z.

- Il sistema Hunter L, a, b; la luminosità è approssimata al solido di colore uniforme come radice quadrata di X; i parametri cromatici sono espressi come colori opposti su un piano cartesiano (a, b) rispetto all'asse centrale neutro L (O = nero a 100 = bianco) dove:
 - +a = rosso con saturazione da 0 a 100
 - a = verde con saturazione da 0 a 100
 - +b = giallo con saturazione da 0 a 100
 - b = blu con saturazione da 0 a 100.Nel quadrante +a, +b si trovano gli arancioni, in -a, +b i giallo-verdi, in -a, -b i verde-blu e in +a, -b le porpore. La tinta è espressa come a/b e la saturazione come $(a^2 + b^2)^{1/2}$
- Il sistema CIELAB ($L^* a^* b^*$) è la trasformazione della scala Hunter L, a, b, con la luminosità espressa come funzione radice cubica di Glasser $L = (25 Y^{1/3} - 17)$, che dà la migliore approssimazione al valore luminosità del solido Munsell.
- Lo spazio di colore L^*C^*h è la trasformazione in coordinate cilindriche del CIELAB dove L^* è la luminosità L^* CIELAB, C^* è il croma metrico: $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$
 h è l'angolo di tinta metrico: $h = \arctang(b^*/a^*)$.
- Le scale FMC (MacAdam, Friele, Chickering) applicano un sistema di primari fondamentali P, Q, S ricavati in base alla selettività di risposta dei fotoricettori umani che governano la visione del colore.

Alcune scale particolari di valutazione sia visuale sia strumentale sono accettate dai vari enti di unificazione per diversi materiali.

Per es. l'indice di bianco per la valutazione di sostanze candeggianti e altre, e l'indice di giallo di alimenti, bevande, oli siccativi, lubrificanti, vernici, solventi, prodotti chimici.

Alle scale di colore sono associate le formule della valutazione delle differenze di colore DE.

La strumentazione moderna provvede automaticamente al calcolo con i dati memorizzati secondo le diverse scale sia per differenza dei singoli parametri cromatici sia come differenza totale.

Considerato il solido di colore come uno spazio euclideo tridimensionale con la luminosità L^* come asse centrale e i piani a^* , b^* di cromaticità C^* , la misura di DE tra i colori 1 e 2 si ricava da: $DE = K (DL^{*2} + DC^{*2})^{1/2}$

dove $DL^* = L^*1 - L^*2$, differenza di luminosità, $DC^* = (Da^{*2} + Db^{*2})^{1/2} = [(a^*1 - a^*2)^2 + (b^*1 - b^*2)^2]^{1/2}$, differenza di cromaticità e K un fattore di correzione dovuto alla risposta in termini di percettibilità.

Tale formula (qui scritta con i simboli del CIELAB) può essere adattata alle diverse scale di colore: tuttavia le differenze strumentali non sempre corrispondono ai giudizi soggettivi nei confronti tra colori.

Per migliorare l'approssimazione con la risposta soggettiva delle DE ottenute con la scala CIELAB, il CMC (Colour Measurement Committee of the Society of Dyers and Colourists) ha proposto la formula CMC (1:c) che definisce le minime differenze di colore percettibili tollerate nel confronto tra due colori, introducendo la differenza di tinta DH.

La DE in unità CMC (1:c) risulta : dove SL, SC, SH sono i coefficienti di correzione dell'effetto degli altri due parametri su quello misurato. Nella scala L* C* h* si calcola la DH*, differenza di tinta metrica: $DH^* = [(Da^*)^2 + (Db^*)^2 - (Dc)^2]^{1/2}$.

Le formule di ricettazione del colore sono basate sull'analisi degli spettri di riflettanza nel visibile dei colori mescolati a differenti concentrazioni con il pigmento bianco di riferimento.

Ad ogni lunghezza d'onda una funzione semplice della riflettanza varia quasi linearmente con la concentrazione del pigmento colorato.

Tale funzione è caratteristica per ogni colorante ed è additiva quando è presente più di un colorante.

La funzione è il rapporto tra il coefficiente d'assorbimento K e quello di diffusione S e dipende dalla riflettanza r secondo l'equazione di Kubelka Munk.

Per la ricettazione del colore si misura la curva di riflettanza del colore campione e si fa variare la concentrazione di ogni colorante nella miscela fino ad ottenere la stessa curva.

L'analisi spettrofotometrica consente anche la valutazione dell'indice di metamerismo, cioè la differenza di colore sotto illuminazioni differenti.

I moderni sistemi di ricettazione e di predizione del colore danno le diverse combinazioni possibili con l'indice di metamerismo inferiore a quello preselezionato, come pure il costo delle miscele dei pigmenti, per poter valutare la soluzione più conveniente.

Di seguito si riportano i metodi di controllo del colore secondo ASTM.

[Tab. 2] - Standard ASTM per il colore ed aspetto⁴ / *ASTM Standards for Color and Appearance⁴*

Attributo <i>Attribute</i>	Designazione <i>Designation</i>	Titolo <i>Title</i>
Colore / <i>Color</i>	D 2244	Metodo di calcolo delle differenze cromatiche in base alle coordinate cromatiche misurate con apparecchiatura / <i>Method for Calculation of Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates</i>
	D 2616	Valutazione della differenza cromatica percepita visivamente con scala dei grigi / <i>Evaluation of Visual Color Difference with a Gray Scale</i>
	D 3134	Pratica per la determinazione delle tolleranze cromatiche e della brillantezza / <i>Practice for Establishing Color and Gloss Tolerances</i>
	E 308	Pratica di misura del colore degli oggetti utilizzando il sistema CIE / <i>Practice for Computing Colors of Objects Using the CIE System</i>
	E 805	Pratica di identificazione di metodi strumentali di misura del colore o della differenza cromatica dei materiali / <i>Practice for Identification of Instrumental Methods of Color or Color Difference Measurement of Materials</i>
	E 1164	Pratica per ottenere i dati spettrofotometrici per la valutazione del colore degli oggetti / <i>Practice for Obtaining Spectrophotometric Data for Object-Color Evaluation</i>
	E 1331	Metodo di test del fattore di riflettanza e colore mediante spettrofotometria con l'uso della geometria emisferica / <i>Test Method for Reflectance Factor and Color by Spectrophotometry Using Hemispherical Geometry</i>
	E 1345	Pratica di attenuazione dell'effetto della variabilità della misura del colore mediante l'uso delle misure multiple / <i>Practice for Reducing the Effect of Variability of Color Measurements by the Use of Multiple Measurements</i>
	E 1347	Metodo di test per la misura cromatica e della differenza cromatica di campioni di oggetti colorati con la colorimetria Tristimulus (filtro) / <i>Test method for Color and Color Difference Measurement of Object-Color Specimens by Tristimulus (Filter) Colorimetry</i>
	E 1348	Metodo di test della trasmittanza e del colore mediante spettrofotometria con la geometria emisferica / <i>Test Method for Transmittance and Color by Spectrophotometry Using Hemispherical Geometry</i>
	E 1349	Metodo di test del fattore della riflettanza e colore usando la geometria bidirezionale / <i>Test method for Reflectance Factor and Color Using Bidirectional Geometry</i>
	E 1360	Pratica di specificazione del colore usando il sistema della scala cromatica uniforme americana della Optical Society / <i>Practice for Specifying Color Using the Optical Society of America Uniform Color Scales System</i>
	E 1535	Metodo di specificazione del colore con il sistema Munsell / <i>Method for Specifying Color by the Munsell System</i>
	E 1541	Pratica di specificazione e di messa a campione dei colori usando il sistema Colorcurve / <i>Practice for Specifying and Matching Color Using the Colorcurve System</i>
	E 2022	Calcolo dei fattori di rilievo nell'integrazione Tristimulus / <i>Calculation of Weighting Factors for Tristimulus Integration</i>
G 138	Calibrazione di uno spettroradiometro con la sorgente di irraggiamento standard / <i>Calibration of a Spectroradiometer Using a Standard Source of Irradiance</i>	
Metamerismo <i>Metamerism</i>	D 4086	Pratica di valutazione visiva del metamerismo / <i>Practice for the Visual Evaluation of Metamerism</i>

[Segue tab. 2]

Punto di bianco e di giallo <i>Whiteness & Yellowness</i>	E313	Pratica di calcolo degli indici di giallo e di bianco partendo dalle coordinate cromatiche misurate con l'apparecchiatura dedicata / <i>Practice for Calculating Yellowness and Whiteness Indices from Instrumentally Measured Color Coordinates</i>
Pigmento bianco <i>White Pigment</i>	D 332	Metodo di test del potere colorante relativo dei pigmenti bianchi mediante osservazione ad occhio nudo / <i>Test Method for Relative Tinting Strength of White Pigments by Visual Observations</i>
	D 344	Metodo di test del potere coprente relativo delle pitture mediante valutazione visiva delle pennellate / <i>Test Method for Relative Hiding Power of Paints by the Visual Evaluation of Brushouts</i>
	D 2745	Metodo di test del potere colorante relativo dei pigmenti bianchi mediante misura della riflettanza / <i>Test Method for Relative Tinting Strength of White Pigments by Reflectance Measurements</i>
	D 5007	Metodo di test del mutamento del potere coprente da bagnato a secco / <i>Test Method for Wet-to-Dry Hiding Change</i>
Coloranti / <i>Colorants</i>	D 387	Metodo di test del colore e potere colorante dei pigmenti colorati con mescolatore meccanico / <i>Test Method for Color and Strength of Color Pigments with a Mechanical Muller</i>
	D 3022	Metodo di test del colore e del potere colorante dei pigmenti colorati con l'uso della smerigliatrice in miniatura / <i>Test Method for Color and Strength of Color Pigments by Use of a Miniature Sand Mill</i>
	D 4838	Metodo di test per la determinazione del potere colorante relativo delle pitture cromatiche / <i>Test Method for Determining the Relative Tinting Strength of Chromatic Paints</i>
	D 5326	Metodo di test dello sviluppo del colore nelle pitture al lattice pigmentate / <i>Test Method for Color Development in Tinted Latex Paints</i>
	D 6131	Valutazione dei sottotoni relativi dei pigmenti di biossido di titanio / <i>Evaluation the Relative Tint Undertone of Titanium Dioxide Pigments</i>
Fluorescenza <i>Fluorescence</i>	E 991	Pratica della misura del colore dei campioni fluorescenti / <i>Practice for Color Measurement of Fluorescent Specimens</i>
	E 1247	Metodo di test per l'identificazione della fluorescenza nei campioni di oggetti coloranti mediante spettrofotometria / <i>Test Method for Identifying Fluorescence in Object-Color Specimens by Spectrophotometry</i>
	E 2030	Segnali di sicurezza fotoluminescenti / <i>Photoluminescent Safety Markings</i>
Goniofotometria <i>Goniophotometry</i>	E 167	Pratica raccomandata per la goniofotometria di oggetti e materiali / <i>Recommended Practice for Goniophotometry of Objects and Materials</i>
	E 179	Guida alla selezione delle condizioni geometriche per la misura delle proprietà di riflessione e di trasmissione dei materiali / <i>Guide for Selection of Geometric Conditions for Measurement of Reflection and Transmission Properties of Materials</i>
	E 1767	Specifiche della geometria di osservazione e misura per la caratterizzazione dell'aspetto dei materiali / <i>Specifying the Geometry of Observations and Measurements to Characterize the Appearance of Materials</i>
Brillantezza / <i>Gloss</i>	D 523	Metodo di test per la brillantezza speculare / <i>Test Method for Specular Gloss</i>
	D 3928	Metodo di test per la valutazione della brillantezza o luminosità uniforme / <i>Test Method for Evaluation of Gloss or Sheen Uniformity</i>
	D 4449	Metodo di valutazione visiva delle differenze di brillantezza fra le superfici con aspetto simile / <i>Method for Visual Evaluation of Gloss Differences Between Surfaces of Similar Appearance</i>
	D 5767	Misure strumentali della brillantezza D-O-I delle superfici dei rivestimenti / <i>Instrumental Measure-</i>

Mapei, azienda leader nella chimica dell'edilizia, si impegna ad eseguire gli esami stratigrafici sui campioni di finitura dei paramenti murari, recapitati presso i suoi laboratori di ricerca, fornendo la lettura dei colori, qualora espressamente richiesto dal PCA.

In particolare, sarà elaborata la curva di riflettanza con relative coordinate cromatiche e fiches colore di riferimento : il tutto su foglio formato A4 come da allegato.

Ciò costituirà un valido ausilio alla Direzione Lavori per la riproposizione dei vari cromatismi e consentirà alla stessa di effettuare una scelta supportata da parametri oggettivamente scientifici.

Colore condominio Via.....

% Riflettanza 10nm Oriz						
Standard:	%R					
Colore condominio Via						
	Digi (%R)			KS (assot)		
400-450 nm	12.74	13.88	14.52	15.38	16.64	17.75
460-510 nm	18.26	18.53	18.97	19.76	21.07	22.85
520-570 nm	25.07	27.67	30.55	33.60	36.75	39.82
580-630 nm	42.27	43.85	44.61	44.86	44.93	44.92
640-690 nm	44.91	44.97	45.15	45.44	45.77	46.18
700 nm	46.64					

