



POLITECNICO DI MILANO 2010/2011
FACOLTÀ DEL DESIGN

CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN INDUSTRIAL DESIGN
ORIENTAMENTO INTERNI

Colore intrinseco e Colore percepito

Un modello previsionale di scostamento

Relatore: Prof.: Mario Bisson
Correlatore: Prof.sa: Cristina Boeri
Candidato: David Rossin N° matr.:198558
Anno accademico 2009/2010

INDICE

1. COLORE INTRINSECO.....	9
1.1. Definizione colore intrinseco	9
1.2. La suddivisione dei colori	9
1.3. Colorimetria.....	19
2. COLORE PERCEPITO	22
2.1. Definizione di colore percepito	22
2.2. Psicologia Dei Colori	22
2.3. Percezione Dei Colori.....	24
2.4. La costanza di colore, Edwin H. Land	40
2.5. L' interazione del colore, Josef Albers	44
2.6. Contrasto simultaneo e successivo	46
3. RICERCHE SUL COLORE PERCEPITO RISPETTO AL COLORE INTRINSECO	49
3.1. Karin Friedell Anter.....	49
3.2. Anders Hard e Thomas Hard.....	55
4. ANALISI DEI SISTEMI DI GESTIONE E COMUNICAZIONE DEL COLORE NEL SETTORE PITTURE E VERNICI PER INTERNI.....	60
4.1. Metodi di comunicazione del colore da parte delle aziende e dei progettisti.....	60
4.2. Metodi di produzione del colore.....	62
5. RICERCA SPERIMENTALE	67
5.1. Individuazione degli elementi critici	67
5.2. Studio di un metodo per l'osservazione degli elementi critici.....	68
5.3. Creazione di campioni con l'ausilio di strumenti tecnici.....	68
5.4. Formulazione del metodo di ricerca per diverse situazione di osservazione	69
5.5. PRIMO STUDIO: OSSERVAZIONE DELLE VARIAZIONI DEL COLORE PERCEPITO AL VARIARE DELLA LUCE A CUI È SOTTOPOSTO	73
5.5.1. I risultati dei gruppi di osservazione	74
5.5.2. Conclusioni sul primo studio.....	76
5.6. SECONDO STUDIO:. OSSERVAZIONE DELLE VARIAZIONI DEL COLORE PERCEPITO AL VARIARE DELLA SUPERFICE CAMPITA CON IL COLORE INTRINSECO	77
5.6.1. I risultati dei gruppi di osservazione	77

5.6.2. Conclusioni sul secondo studio	80
5.7. TERZO STUDIO: OSSERVAZIONE DELLE VARIAZIONI DEL COLORE PERCEPITO AL VARIARE DELLA FINITURA SUPERFICIALE	80
5.7.1. I risultati dei gruppi di osservazione	81
5.7.2. Conclusioni sul terzo studio.....	82
5.8. QUARTO STUDIO: OSSERVAZIONE DELLE VARIAZIONI DEL COLORE PERCEPITO AL VARIARE DELLA GRANULOMETRIA DELLA SUPERFICIE	83
5.8.1. I risultati dei gruppi di osservazione	84
5.8.2. Conclusioni sul quarto studio.....	85
5.9. QUINTO STUDIO: OSSERVAZIONE DELLE VARIAZIONI DEL COLORE PERCEPITO IN PRESENZA DELLO STESSO COLORIE INTRINSECO SU PIÙ SUPERFICI ADIACENTI	86
5.9.1. I risultati dei gruppi di osservazione	87
5.9.2. Conclusioni sul quinto studio	88
6. POSSIBILI APPLICAZIONI PROGETTUALI.....	89
6.1. Implementazione all'interno di software esistenti	90
6.2. Sviluppo di cartelle colori selezionate.....	91
6.3. Espositore/cabina luce dedicato ai punti vendita	92
ALLEGATI.....	93
BIBLIOGRAFIA.....	109
RINGRAZIAMENTI	108

INDICE FIGURE

Figura 1-1 Colori Primari	12
Figura 1-2 Colori Secondari	13
Figura 1-3 Colori Terziari	13
Figura 1-4 Colori Complementari 1	14
Figura 1-5 Colori Complementari 2	14
Figura 1-6 Colori Complementari 3	14
Figura 1-7 Colori Complementari 4	14
Figura 1-8 Colori Complementari 5	15
Figura 1-9 Sintesi Additiva	15
Figura 1-10 Sintesi Sottrattiva	16
Figura 1-11 Colori Caldi E Freddi	16
Figura 1-12 Colori Caldi	17
Figura 1-13 Colori Freddi	17
Figura 1-14 Colori Neutri	17
Figura 1-15 Predominanza Colori	17
Figura 1-16 Colori Caldi E Freddi	18
Figura 1-17 Colori Adiacenti 1	18
Figura 1-18 Colori Adiacenti 2	19
Figura 1-19 Colori Adiacenti 3	19
Figura 2-1 Dislocazione colore	38
Figura 2-2 Contrasto Simultaneo	47
Figura 4-1 Il diagramma di cromaticità CIE 1931	64
Figura 4-2 Coordinate x,y nello spazio cromatico CIE 1931.	65
Figura 4-3 Osservatore standard a 2° e osservatore standard a10°(supplementare).	66
Figura 5-1 Cerchio NCS	70
Figura 5-2 Spazio NCS	71
Figura 5-3 Triangolo NCS	71
Figura 5-4 Esecuzione test primo studio	74
Figura 5-5 Risultati a 6500K	75
Figura 5-6 Risultati a 4000K	75
Figura 5-7 Risultati a 2700K	76
Figura 5-8 Esecuzione test secondo studio	77
Figura 5-9 Risultati 40x40	78
Figura 5-10 Risultati 60x60	78
Figura 5-11 Risultati 80x80	79
Figura 5-12 Risultati 100x100	79
Figura 5-13 Esecuzione test terzo studio	80
Figura 5-14 Risultati lucido	81
Figura 5-15 Risultati satinato	81
Figura 5-16 Risultati opaco	82
Figura 5-17 Esecuzione test quarto studio	83
Figura 5-18 Risultati grana fine	84
Figura 5-19 Risultati grana media	84
Figura 5-20 Risultati grana grossa	85
Figura 5-21 Esecuzione test quinto studio	86

Figura 5-22 Risultati superficie 1+2	87
Figura 5-23 risultati superficie 1+2+3.....	87
Figura 5-24 Risultati superficie 1+2+3+4	88
Figura 6-1 Software esistente	90
Figura 6-2 Menù a tendina.....	90
Figura 6-3 Cartella colore selezionata	91
Figura 6-4 Render espositore/cabina luce	92

INDICE ALLEGATI

Allegato 1 Diagramma CIE 1931 cabina luce 2700K	93
Allegato 2 Diagramma CIE cabina luce 4000K	93
Allegato 3 Diagramma CIE 1931 cabina luce 5000K	94
Allegato 4 Diagramma CIE 1931 cabina luce 6500K	94
Allegato 5 Radiazione spettrale cabine luce a confronto	95
Allegato 6 Scheda per la classificazione del colore al variare della luce..	97
Allegato 7 Scheda per la classificazione del colore al variare della dimensione della superficie colorata	100
Allegato 8 Scheda per la classificazione del colore al variare della finitura superficiale.....	102
Allegato 9 Scheda per la classificazione del colore al variare della granulometria della superficie	104
Allegato 10 Scheda per la classificazione del colore percepito in presenza dello stesso colore intrinseco su più superfici	107

ABSTRACT ITALIANO

Nell'ambito della progettazione d'interni il colore riveste un ruolo importante ma le variabili che intervengono su di esso ne rendono la gestione difficoltosa da parte del progettista.

Un problema ricorrente è che il risultato di una scelta su carta non sempre trova corrispondenza nella realtà creando disaccordi tra progettista e committente.

Per trovare rimedio a questo problema ho indagato sugli strumenti a disposizione del progettista per la comunicazione e la scelta del colore, analizzando mazzette e cartelle colore e software di rendering e fotoritocco ho evidenziato criticità nel loro utilizzo.

Ho indagato quindi sulla produzione del colore e sui problemi che può celare creando dei campioni e testandoli con strumenti che hanno evidenziato come la bontà della produzione sia alta.

Infine la ricerca sperimentale si è portata sulla percezione del colore negli interni e attraverso dei test, che ho sottoposto ad un numero di campioni, ho individuato gli scostamenti tra colore intrinseco e colore percepito.

Con i dati raccolti si possono creare delle linee guida con cui non si dà una risposta precisa al problema, le variabili in gioco sono molte, ma si riesce comunque a restringere lo scostamento tra colore intrinseco e colore percepito fino ad un livello di precisione elevato.

ABSTRACT INGLESE

As part of interior design color plays an important role, but the variables involved on it make it difficult to manage from the designer.

A recurring problem is that the result of a choice on paper is not always reflected in reality by creating disagreements between designer and client. To find a remedy for this problem I suspect the tools available to the community projects and the choice of color, and color charts and analyzing bribes rendering and photo editing software I have highlighted critical in their use.

I then investigated the production of color and creating problems that can conceal the samples and testing them with tools that have shown that the goodness of production is high.

Finally, the experimental research was carried on the perception of color in the interior and through the tests, I underwent a number of samples, I identified the differences between intrinsic color and perceived color.

With the data collected can be created some guidelines which is not a precise answer to the problem, the variables are many, but still managed to narrow the gap between inherent and perceived color to a high level of precision.

1 COLORE INTRINSECO

1.1. Definizione colore intrinseco

“E’ il colore che si immagina come appartenente ad una superficie o un materiale, indipendentemente dalla luce prevalente e la condizione di visualizzazione”.

[Hård, Sivik & Tonnquist 1996]

1.2. La suddivisione dei colori

“Iniziando a trattare della visione dei colori, è opportuno premettere che il colore è una qualità della sensazione visiva e come tale è un'entità puramente soggettiva e incomunicabile. Ciò non toglie che si possano descrivere le proprietà dei meccanismi responsabili della visione dei colori e le relazioni che intercorrono tra gli stimoli fisici e le risposte di questi meccanismi. Inoltre, mentre il colore di per sé è incomunicabile, persone diverse possono in generale essere in accordo circa le "eguaglianze di colore", cioè convenire che due stimoli fisicamente diversi appaiono cromaticamente uguali. È su questo che si fonda la colorimetria.”

I colori spettrali

“Per descrivere la gamma dei colori visibili, è opportuno trattare inizialmente dei colori delle "luci", cioè dei colori che si vedono quando si guarda direttamente una sorgente luminosa (purché non troppo intensa, per non danneggiare l'occhio), oppure quando si illumina con un fascio luminoso uno schermo diffondente, mentre tutto il resto dell'ambiente non è illuminato.

Si deve a Newton l'aver dimostrato che il "bianco" che viene percepito quando l'occhio riceve una radiazione come quella del sole, risulta dalla complessità spettrale di questa radiazione, e che disperdendo con un prisma le radiazioni che la compongono si ottiene lo spettro, cioè la serie dei colori relativi alle radiazioni di diversa lunghezza d'onda (radiazioni mono cromatiche). I colori spettrali, cioè i colori relativi a radiazioni di lunghezza d'onda λ compresa nello spettro visibile, variano con continuità, al variare di λ , da 700 a 400 nm, attraverso gradazioni di rosso, arancio, giallo, verde, azzurro, viola.

I colori distinguibili al variare di λ sono circa 250, molto più numerosi quindi di quelli che possiamo indicare con nomi diversi. Per esempio, vi è tutta una serie di verdi spettrali diversi, da quelli più simili al giallo, a quelli più prossimi all'azzurro. La capacità di discriminare il colore di radiazioni monocromatiche di diversa lunghezza d'onda non è costante su tutto lo spettro, ma è massima in due regioni del verde-azzurro e dell'arancio. La

minima differenza discriminabile A Δ dipende anche da altri fattori, tra cui il livello medio di luminanza e le dimensioni angolari dello stimolo. Stimoli molto piccoli appaiono acromatici. La gamma dei colori spettrali, nonostante la sua ricchezza, non saurisce tutti i colori possibili delle "luci". Si sovrappongono infatti su uno schermo due radiazioni monocromatiche A1 e A2. Il colore risultante è diverso da quelli delle radiazioni componenti, che non sono in esso riconoscibili: a differenza dell'orecchio, l'occhio non è in grado di analizzare uno stimolo spettralmente complesso. Per esempio, sovrapponendo due radiazioni di lunghezza d'onda 540 e 620 nm (che appaiono verde e rossa, rispettivamente) e graduandone opportunamente l'intensità, si ottiene un colore giallo come quello prodotto dalla radiazione monocromatica di 580 nm."

Il magenta o porpora

"Se si sovrappongono due radiazioni estreme dello spettro, 400 nm (violetto) e 700 nm (rosso), il colore risultante è un rosso violaceo, detto magenta o porpora. Variando l'intensità relativa delle due componenti si ottiene tutta una gamma di magenta, dal violetto al rosso. Questa gamma completa in un certo senso quella dei colori spettrali, e i magenta vengono spesso assimilati ai colori spettrali (tav. 5 in fondo al volume)."

Il bianco

"A una radiazione a spettro continuo che contenga tutte le componenti di diversa lunghezza d'onda con uguale intensità (sorgente equienergetica) corrisponde una sensazione di bianco. Sorgenti di radiazioni a spettro continuo, ma non equienergetiche, come il sole o i vari illuminanti colorimetrici danno sensazioni che si scostano più o meno da quella del bianco equienergetico, ma che possono ancora venire classificate come "bianco"."

Colour matching

"Si supponga di dividere uno schermo in due parti contigue e di illuminare una di esse con una radiazione e l'altra con una radiazione di diversa composizione spettrale. In generale i colori delle due parti dello schermo risulteranno diversi, ma può avvenire che radiazioni fisicamente diverse producano sensazioni di colori identici (come precisato sopra, l'occhio non è in grado di riconoscere nel colore di uno stimolo complesso i colori delle componenti). Due stimoli di diversa composizione spettrale che danno luogo ad eguaglianza percettiva si dicono metamericici, e l'eguaglianza metamERICA si indica con il segno =.

E' stato detto sopra che il colore giallo della radiazione di 580 nm è uguagliabile a quello ottenuto da una miscela di 540 e 620 nm, con opportune intensità relative. In generale, però, un colore spettrale non è uguagliabile con quello ottenuto dalla miscela di due radiazioni monocromatiche.”

Colori complementari

“Una volta scelta una sorgente "bianca", per esempio la sorgente equienergetica, è possibile invece ottenere uno stimolo metamerico al bianco mediante la combinazione di due radiazioni monocromatiche, di opportuna lunghezza d'onda e intensità relativa.

Le due radiazioni si dicono allora complementari. Per ogni data sorgente assunta come "bianca" (radiazione equienergetica, radiazione solare, illuminanti colorimetrici ecc.) esistono nello spettro infinite coppie di radiazioni complementari. Se una delle due radiazioni appartiene alla regione di corte lunghezze d'onda (colori viola-azzurro) la radiazione complementare si trova nella regione di grandi lunghezze d'onda (giallo-rosso): i colori viola hanno il loro complementare nel giallo, i blu nell'arancione e i blu verde nel rosso. Le radiazioni della regione intermedia (verde) dello spettro, tra 490 e 570 nm, non hanno un colore complementare nello spettro, ma hanno come complementare uno dei magenta. I vari magenta vengono designati con la lunghezza d'onda della radiazione dello spettro a essi complementare.”

[Adriana Fiorentini, capitolo 3 *Fisiologia della visione a colori*, in Oleari Claudio, *Misurare il colore*, Hoepli, Milano 1998.]

I colori si suddividono in primari, secondari e terziari.

I Colori Primari

Rosso, blu, giallo, non possono essere generati da altri colori.



Figura 1-1 Colori Primari

I Colori Secondari

Arancio, verde, viola si ottengono mescolando due primari in parti uguali.



Figura 1-2 Colori Secondari

I Colori Terziari

Mischiando due primari in quantità diverse, si ottiene un colore **TERZIARIO** come in questo esempio:

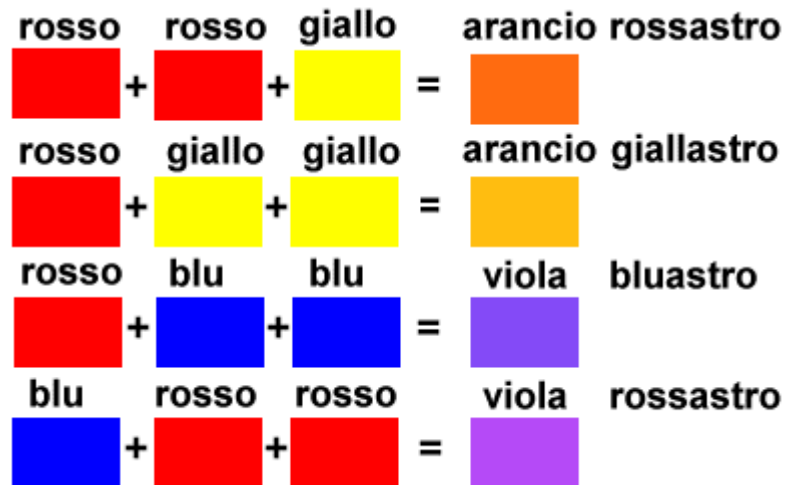


Figura 1-3 Colori Terziari

Colori Complementari.

All'interno dei colori primari e secondari, abbiamo tre coppie di colori detti complementari.

Ogni coppia di complementari è formata da un primario e dal secondario ottenuto dalla mescolanza degli altri due primari. Per sapere qual è il complementare del colore primario giallo, mischiate gli altri due primari, il rosso e il blu: ottenete il viola che risulta essere il complementare del giallo.

il viola è complementare del giallo



Figura 1-4 Colori Complementari 1

il verde è complementare del rosso



Figura 1-5 Colori Complementari 2

l'arancio è complementare del blu

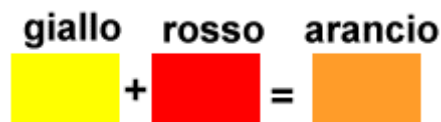


Figura 1-6 Colori Complementari 3

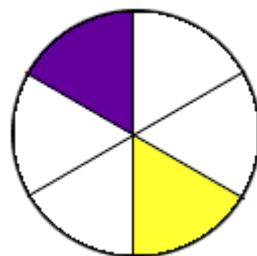


Figura 1-7 Colori Complementari 4

Ogni coppia ha in sé un colore poco luminoso ed uno molto luminoso. Nelle coppie giallo - viola, rosso - verde, arancio - blu, il primo colore è molto più luminoso del secondo. Se si accostano i colori complementari si ottiene un effetto di massimo contrasto: i due colori acquistano forza cromatica rafforzando a vicenda la luminosità di entrambi. Se si pone un colore luminoso al centro del suo complementare meno luminoso, l'effetto di contrasto e di complementarità è particolarmente evidente.

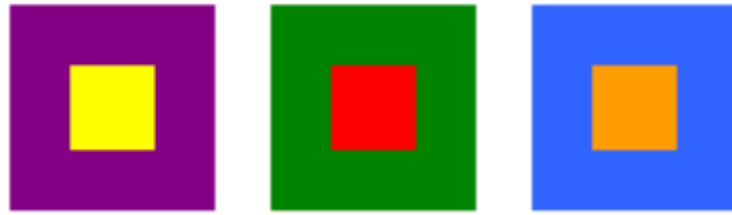


Figura 1-8 Colori Complementari 5

Sintesi Additiva

Nell'ambito della sintesi dei colori si deve evidenziare la distinzione tra il caso in cui si sommano luci e quello in cui si mescolano pigmenti colorati. Nel primo caso il numero delle componenti cromatiche che raggiungono l'occhio aumenta, e si parla di *sintesi additiva*; nel secondo caso, essendo i pigmenti sostanze assorbenti, il numero delle componenti cromatiche che raggiungono l'occhio diminuisce, e si parla di *sintesi sottrattiva*. Il modo più semplice per sperimentare la sintesi additiva consiste nell'avvicinare l'occhio allo schermo di una TV a colori sino a distinguere gli elementi emittenti dello schermo; si potrà notare così come attraverso diverse combinazioni di blu, verde e rosso si ottengano, alla dovuta distanza, gli altri colori visualizzabili. Nella fig. 1 viene riportato uno schema di base per la sintesi additiva; si noti come la somma dei tre colori fondamentali generi il bianco.

Assenza di luce = nero



Figura 1-9 Sintesi Additiva

Sintesi Sottrattiva

Definendo come *colore complementare* quello che si ottiene sottraendo dal bianco il colore dato, si può constatare che i rispettivi colori complementari di rosso, verde e blu, e cioè ciano, magenta e giallo, costituiscono una base per la sintesi sottrattiva dei colori. Nella fig. 2 è riportato uno schema di base per la sintesi sottrattiva; si noti come la somma dei tre colori di base generi il nero.



Figura 1-10 Sintesi Sottrattiva

Colori Caldi E Freddi



Figura 1-11 Colori Caldi E Freddi

I colori hanno una "temperatura" e si suddividono in caldi, freddi e neutri in base alle diverse sensazioni che trasmettono, alle immagini e alle situazioni che richiamano alla mente.

I rossi, i gialli e gli arancio sono luminosi e si associano alla luce del sole ed al suo calore, mentre i blu, i violetti e i verdi evocano la neve, il ghiaccio, il mare, il cielo.

Sono caldi i colori che tendono all'arancio e al rosso:

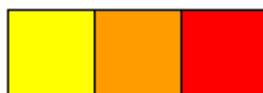


Figura 1-12 Colori Caldi

freddi quelli che tendono al viola e al blu:



Figura 1-13 Colori Freddi

neutri quelli che tendono al nero, al bianco e al grigio.



Figura 1-14 Colori Neutri

I colori si influenzano tra di loro e può succedere che la predominanza di colori freddi faccia passare in secondo piano la presenza di colori caldi e viceversa.



Figura 1-15 Predominanza Colori

La teoria della "temperatura" di un colore non è così rigida. Infatti, tra la metà calda e la metà fredda del cerchio cromatico si distinguono ulteriori colori "caldi" e "freddi".

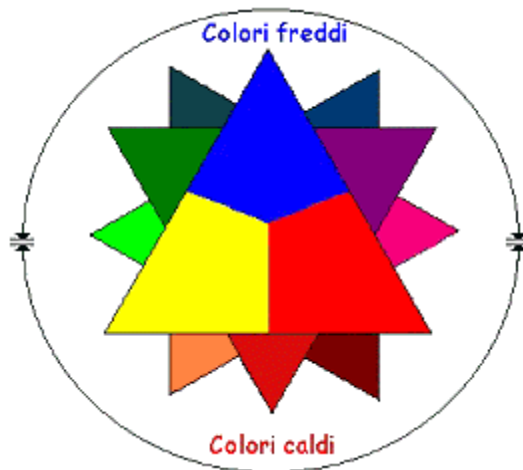


Figura 1-16 Colori Caldi E Freddi

Prendiamo per esempio i rossi: in questo cerchio cromatico a 12 spicchi esistono due tipi di rosso, uno caldo e uno freddo. Il primo è il rosso di cadmio che tende al "caldo" arancio. Per contro il cremisi d'alizarina è relativamente freddo in quanto tende al "freddo" violetto vicino nel cerchio cromatico. Le stesse considerazioni valgono per i gialli. Il giallo di cadmio chiaro è un colore caldo perché tende al "caldo" arancio. Invece il giallo limone è freddo e infatti è collocato vicino al "freddo" verde. Anche i colori secondari si dividono in caldi e freddi. Il verde è freddo perché formato dalla combinazione di un giallo freddo e di un blu freddo. Il cerchio disegnato sopra è simile a quello di Itten, pittore contemporaneo. Nel triangolo al centro ci sono i tre colori primari; su ogni lato del triangolo sono disegnati i tre secondari in corrispondenza dei due primari; tra i primari e i secondari si trovano i terziari.

L'effetto Dei Colori Adiacenti

Un colore può sembrare più caldo o più freddo a seconda del contesto in cui è collocato.

Ad esempio il violetto è un colore intermedio ottenuto dalla combinazione di blu (freddo) e rosso (caldo):

accanto a un colore caldo come il rosso sembra freddo

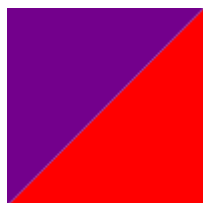


Figura 1-17 Colori Adiacenti 1

mentre vicino a un colore freddo come il blu, appare caldo.

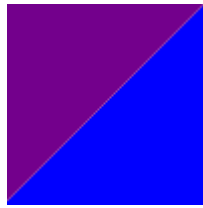


Figura 1-18 Colori Adiacenti 2

Sfruttando la temperatura di un colore si ottengono molti effetti. Sapendo sfruttare al meglio questa caratteristica, si possono realizzare giochi prospettici veramente particolari: i colori caldi hanno la prerogativa di "avanzare", dando l'impressione di venire incontro all'osservatore, quelli freddi sembrano allontanarsi. Quindi, utilizzando colori freddi per lo sfondo e colori caldi per il primo piano, si può creare in un disegno l'illusione della prospettiva e degli effetti tridimensionali.

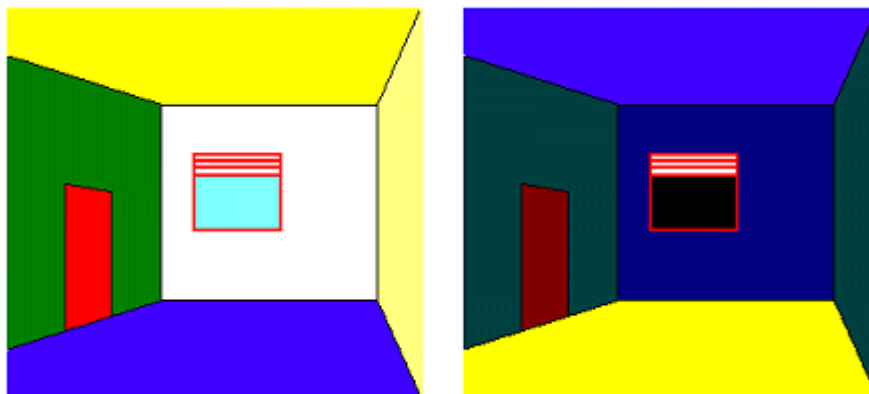


Figura 1-19 Colori Adiacenti 3

1.3. Colorimetria

[...]“Compito della colorimetria e la *specificazione del colore mediante numeri*, la quale può avvenire in modi e con significati differenti” [...]

Modi Di Rappresentare Il Colore

“La visione è un fenomeno complesso nel quale la sensazione di colore è solo una parte: oltre al colore ci sono le forme, i movimenti, le ombre e le luci, la tessitura delle superfici, la polarizzazione della luce e la lucidezza,... e infine la mutua interazione tra questi elementi.

La colorimetria si propone di studiare il colore come fenomeno "isolato" e pertanto richiede che l'osservazione avvenga in modo opportuno.

Qui sono riportati i vari modi di presentare il colore aventi interesse pratico e colorimetrico:

- il modo-illuminante {illuminant mode}, proprio della visione diretta di una sorgente luminosa;
- il modo-oggetto {object mode}, proprio della visione di un oggetto illuminato caratterizzato da riflessione diffusa o trasmissione diffusa della radiazione;
- il modo-apertura {aperture mode}, da cui il colore d'apertura, proprio di quando la radiazione, prima di entrare nell'occhio, attraversa l'apertura di un diaframma e l'occhio mette a fuoco il bordo dell'apertura col fine di non associare quella radiazione a un oggetto o a una sorgente: in questo modo si perdono tutte le informazioni che denotano l'oggetto (o la sorgente) quali la disuniformità, la lucidezza, la tessitura, il tipo di illuminazione (radente, diffusa, ...), ... e la radiazione che entra nell'occhio consiste in un fascio omogeneo di raggi aventi uguale decomposizione spettrale.

I colori visti nel modo-oggetto sono detti colori d'oggetto {object colour}. Più specificatamente il colore di un corpo che emette luce è detto colore autoluminoso {self-luminous colour} e quello di un corpo non autoluminoso è detto anche colore superficiale {surface colour}.”

Qualora nel modo-apertura si consideri esclusivamente l'intensità della radiazione e la sua decomposizione spettrale si paria di colore psicofisico, il quale è specificabile numericamente.”

Attributi Del Colore

“Il colore può essere associato alla radiazione proveniente da una sorgente di luce o da un corpo illuminato. Gli attributi dei colori nei due casi non sono solitamente gli stessi: per esempio non esistono sorgenti luminose di colore grigio ma semplicemente sorgenti più o meno intense, o, meglio, più o meno brillanti.

Per giudicare grigio il colore di un oggetto, occorre confrontarlo con uno bianco e ciò pone il problema di definire il colore bianco. La pratica porta a distinguere gli "attributi" dei colori percepiti in attributi base e in attributi relativi.

Gli attributi base sono normalmente usati nella presentazione del colore in modo-illuminante, mentre gli attributi relativi lo sono nel modo-oggetto, anche se esistono eccezioni a tale schema. Tipico è il caso dei monitor televisivi, i quali, avendo un loro proprio bianco, permettono una visione dei colori relativa a tale bianco e quindi sono solitamente considerati in modo-oggetto.

Ricordiamo *gli attributi base del colore*: la *brillanza* {brightness}, la *tinta* {hue}, e la *pienezza del colore* {colorfulness}. Quest'ultima esprime l'intensità con cui emerge la tinta ed è un attributo che fu introdotto da Hunt (ma già Newton usò le parole "fullness of thè colour" per definire la distanza di un colore dal bianco valutata sul cerchio dei colori).

Gli attributi di un colore sono relativi quando il colore è giudicato in

relazione a uno o più altri colori. L'esigenza di definire il colore superficiale prescindendo dalla potenza della sorgente illuminante comporta che il colore debba essere confrontato a un altro colore, che solitamente è il colore assunto dal diffusore ideale ugualmente illuminato.

La radiazione emergente da tale corpo ha la composizione spettrale della sorgente illuminante e quindi sorgente e diffusore ideale hanno colori con uguali attributi base e inviano all'osservatore radiazioni con uguale, spettro. Se l'illuminante è opportunamente scelto, il diffusore ideale può essere ritenuto un corpo di colore bianco.

Gli attributi relativi dei colori riferiti al diffusore ideale sono: la *chiarezza o chiarore* {lightness}, la *croma* {chroma}, e la *saturatione* {saturation}. “

[Claudio Oleari, capitolo 5, *Colorimetria*, in Oleari Claudio, *Misurare il colore*, Hoepli, Milano 1998.]

2 COLORE PERCEPITO

2.1. Definizione di colore percepito

[...]“Il colore percepito {perceived colour}, da intendersi come risultato della percezione e non di misurazioni strumentali.”[...]

[Claudio Oleari, capitolo 5, *Colorimetria*, in Oleari Claudio, *Misurare il colore*, Hoepli, Milano 1998.]

2.2. Psicologia Dei Colori

Tanto tempo fa, ma non e' una fiaba, in una certa fabbrica gli operai si lamentavano con il padrone per il freddo che sentivano nel locale mensa, un locale che aveva le pareti imbiancate con un tono di blu, e chiedevano di aumentare il riscaldamento; il padrone, non essendo di questa idea, fece invece dipingere le pareti con un tono di arancio: il risultato fu che non solo gli operai non avvertivano piu' il freddo, ma addirittura venne abbassato il riscaldamento.

Mi sembra una storia abbastanza convincente per capire quanto il colore puo' influire sull'umore degli uomini.

A grandi linee, noi viviamo in un mondo dove inconsciamente, cioe' per abitudine, senza che neppure ce ne rendiamo conto, il colore ha una sua collocazione ben precisa: questo fin dall'antichita', perche' da sempre a ogni colore era abbinato un significato: ad esempio il rosso e' sinonimo di passione e forza, il giallo e' vitalita', il blu tranquillita'.

Certamente l'esperienza delle piccole cose di ogni giorno ci dice quanto il colore influisce sul nostro stato d'animo: basta pensare, senza farla troppo lunga, ai colori del semaforo, per cui il verde, colore che sta a meta' tra il freddo e il caldo, quindi di equilibrio, e' usato come segnale di via libera, mentre il rosso, colore decisamente caldo, stimola maggiormente la nostra attenzione, e ci segnala un pericolo; anche gli errori nei compiti sono segnati in rosso; il blu, come detto, tende a "raffreddare" e calmare la mente, quindi i lampeggianti delle forze dell'ordine illuminano le scene di questo colore.

Gli esempi potrebbero essere ancora tanti, ma andiamo con ordine, o almeno proviamoci.

Per parlare di psicologia del colore e' importante ricordare che la bellezza dell'uomo e' nella singolarita' della persona, e che ognuno di noi e' diverso dagli altri; per questo vi invitiamo a non prendere tutto questo come oro colato, e nello stesso tempo a non giudicare troppo rigidamente i gusti degli altri.

Inoltre non bisogna dimenticare che la storia e la tradizione di ogni popolo fa si che le nozioni di psicologia del colore che vanno bene per qualcuno siano per qualcun altro completamente sbagliate, fino ad essere vero il contrario: basta dire che se in occidente il colore del lutto e' il nero, in Cina e' esattamente il suo opposto, cioe' il bianco.

Detto questo non possiamo certo negare che i colori hanno una grande influenza sulla vita di tutti, e non possiamo nemmeno dimenticare il lavoro

sincero e appassionato di studiosi che cercano di capire il come e il perché di questo.

L'architettura e l'urbanistica se ne occupano per rendere l'ambiente in cui viviamo sempre più confortevole ed ottimale: ecco che gli ospedali hanno spesso i muri dipinti di azzurro per rilassare i pazienti, mentre il marrone è il colore più comune per i pavimenti, perché ci ricorda la terra, e dà una sensazione di stabilità.

Con tristezza dobbiamo dire che gli studi hanno anche portato ad un modo spesso subdolo e meschino di sfruttare i colori: abbiamo saputo che siccome si prova disagio a stare in una stanza con i muri dipinti di rosso, gli architetti di una fabbrica giapponese hanno dipinto di rosso i muri delle toilettes per farci stare il meno possibile i dipendenti. Naturalmente i grafici e i pubblicitari sono molto attenti all'uso che fanno dei colori, cercando di catturare il più possibile la nostra attenzione, giocando sui colori complementari, che tra loro si esaltano e si equilibrano allo stesso tempo: blu e arancio, rosso e verde, giallo e viola.

La moda, ovviamente, non tratta a caso i colori, e tanto meno la loro disposizione: il nero snellisce, ma indica anche un po' di voglia di solitudine; il rosso si indossa per attirare attenzione; il bianco è sinonimo di purezza.

La medicina è sempre più interessata all'influenza dei colori: già abbiamo parlato della storia dei camici dei chirurghi; spendiamo più avanti qualche parola per la cromoterapia.

È importante però ricordare che la natura resta la maestra più grande nell'uso dei colori: pensiamo al fascino dell'autunno, stagione del ricordo e del rimpianto, della riflessione, che coi suoi colori rilassanti, effetto della contemporanea presenza delle svariate tonalità di rosso e marrone delle foglie e dell'azzurro del cielo ha ispirato tanti poeti;

l'estate è invece tanto piena di vita quanto piena di sole, con il suo giallo (colore associato alla vitalità, alla vivacità, alla leggerezza) che splende in un cielo azzurrissimo.

Quando si parla di "medicina alternativa" scopriamo che c'è anche la cromoterapia: premesso che sempre e comunque è bene consultare il proprio medico di fiducia, visto che con la salute non si deve scherzare mai, vediamo un po' di farci qualche idea di cosa sia questa disciplina senza dubbio tanto curiosa quanto interessante. Cromoterapia significa "terapia del colore", quindi cura mediante "sommministrazione" al paziente di un colore specifico, come se fosse una medicina.

Solo per fare qualche esempio, gli studiosi di questa disciplina hanno stabilito che il rosso (colore caldo), scalda il corpo e stimola la produzione di sangue ed indicato per combattere la depressione, ma anche utile per curare il raffreddore e il mal di gola; il verde (colore neutro), è rilassante, favorisce la riflessione e la calma ed è utile in caso di mal di testa. In che modo viene "sommministrato" il colore?

Essendo il colore luce, e quindi energia, la cromoterapia si basa principalmente su irradiazioni del corpo con fasci di luce colorata, in grado

di stimolare le cellule e influire su nervi e organi perche' trovino il loro naturale equilibrio.

Le irradiazioni luminose sono fatte con speciali apparecchiature e filtri, ma la cromoterapia si effettua anche facendo il bagno con acque colorate con essenze naturali, oppure attraverso la meditazione, ma anche attraverso gli abiti, cioe' facendo attenzione al colore di cosa si indossa.

E' bene sottolineare che la cromoterapia, essendo in una fase sperimentale, troppo spesso finisce nel metafisico o nel fantastico, per cui e' comunque sempre meglio sentire il parere di esperti.

2.3. Percezione Dei Colori

Anche nel linguaggio scientifico, come in quello dell'uomo della strada, il colore in dica almeno due cose:

- a. una. proprietà fisica degli oggetti;
- b. una particolare esperienza fenomenica dell'osservatore.

Tale ambiguità, che curiosamente continua ad accompagnare lo sviluppo delle nostre conoscenze sul sistema visivo, ha dato luogo a controversie molto animate [1-4].

Ad ogni modo, chi si occupa di colorimetria non può prescindere dall'esistenza di un'ambiguità tra concezione soggettiva e concezione oggettiva del colore. Se vogliamo misurare, dobbiamo sapere che cosa misuriamo. Il fondamento psicologico delle difficoltà incontrate da molte persone nel ragionare sul colore dipende da una confusione tra realtà fisica e realtà fenomenica, indetta dalla natura stessa della percezione. Non diversamente da altre proprietà degli oggetti percepiti, il colore appare come una caratteristica esterna, intrinseca al materiale, che l'osservatore coglie in modo immediato. Tuttavia l'immediatezza è soltanto fenomenica. Conoscenze scientifiche consolidate ci dicono che la percezione del colore cela una complessa catena di mediazioni, comprendente l'assorbimento dell'energia radiante, la codifica del segnale cromatico, la rappresentazione del segnale all'interno di un modello della scena visiva.

Il colore è immediato (per l'osservatore) ma mediato (dall'osservatore). In ciò non si differenzia da altre proprietà degli oggetti - distanza, grandezza, orientamento - che vengono vissute come indipendenti dall'occhio che le vede, mentre dipendono dai processi che convertono lo stimolo nel percepito. Il problema dell'immediatezza va comunque tenuto separato dal problema del cosiddetto incapsulamento informazionale, che descrive una caratteristica di tutto il funzionamento dei sistemi di input. I sistemi di input sono relativamente poco influenzati dalle conoscenze di tipo concettuale, che possono variare in osservatori diversi e all'interno dello stesso osservatore. Questa indipendenza funzionale dei sistemi periferici è spesso responsabile delle illusioni sensoriali, che riflettono il funzionamento di meccanismi non modificati dalle conoscenze. Comunque, potremmo anche giungere a dimostrare che i colori sono (in piccola parte) influenzati dalle conoscenze acquisite, come implica l'idea

che esistano dei colori di memoria, cioè delle impressioni cromatiche legate all'esperienza specifica con determinati oggetti. Non per questo i colori perderebbero il loro carattere di immediatezza fenomenica.

Forse la discrepanza più saliente tra il colore-stimolo e il colore-percetto è quella che riguarda la diversa complessità dei due domini, cioè il numero di dimensioni proprie del dominio-origine (le miscele di radiazioni) e del dominio in cui esse vengono mappate (i colori percepiti).

Non sempre questa discrepanza viene colta nel modo corretto. È infatti molto diffusa l'idea che il problema consista nella contrapposizione tra lo spettro di energia radiante, unidimensionale, e lo spazio della cromaticità, bidimensionale. Recentemente Paul Whittle, commentando un suo esperimento sulle determinanti relazionali del colore, sottolineava che una rappresentazione della luce basata sul modello unidimensionale dello spettro può risultare un ostacolo alla comprensione.

Nell'esperimento veniva utilizzata la tecnica della visione dicoptica, in cui parte dello stimolo viene presentato a un occhio e parte all'altro. All'occhio sinistro veniva presentata una ruota dei colori su sfondo bianco sotto illuminazione verde; all'occhio destro una ruota dei colori su sfondo bianco sotto illuminazione rossa. L'osservatore poteva controllare la composizione spettrale di ciascun campione di colore presentato all'occhio destro in modo da renderlo identico al corrispondente, presentato all'occhio sinistro. In queste condizioni lo sfondo risulta giallastro, a seguito della fusione binoculare dello sfondo rosso sull'occhio destro e dello sfondo verde sull'occhio sinistro. Nella trasformata logaritmica dello spazio di MacLeod e Boynton, gli eguagliamenti ottenuti corrispondono a una traslazione quasi perfetta, coerentemente con l'idea che il colore dipenda dal rapporto di intensità tra la zona e lo sfondo, in ciascuna delle tre classi di coni, a dispetto di differenze anche estreme nella composizione spettrale dello stimolo locale. Proprio a tale proposito Whittle segnalava la superiorità della rappresentazione circolare dei colori cromatici su quella lineare, vincolata allo spettro di energia radiante.

Per evitare il conflitto tra questi due modelli mentali del dominio cromatico, forse è preferibile ragionare in un modo del tutto diverso, più aderente alla prospettiva funzionalista che ispira gran parte degli studi sulla percezione visiva.

Il colore: ecologia e fenomenologia

Concediamoci un punto di partenza un po' arbitrario; ma tanto, da qualche parte bisogna pur cominciare. Nell'esperienza visiva i colori ci sono perché servono. Pensiamo a un'alternativa, cioè all'output di un rilevatore di contorni che sia in grado di elaborare un'immagine naturale in modo da restituire uno schizzo a tratto. Molti oggetti sarebbero identificabili sulla base della semplice informazione geometrica, mentre altri non lo sarebbero affatto, o soltanto con grande difficoltà. Le nostre conoscenze sulla visione preattentiva indicano che le differenze di colore funzionano come segnalatori immediati nella presenza dell'oggetto ricercato e

guidano efficientemente l'attenzione verso la, zona dello spazio da esso occupata.

Il colore è, dunque la qualità che contrassegna la zona dello spazio in cui si trova l'oggetto percepito. Questa prestazione del sistema visivo non può essere data per scontata; essa va considerata come il risultato di una pressione selettiva derivante dall'azione di due fattori. Il primo riguarda l'informazione contenuta nelle differenze di composizione spettrale tra zone adiacenti dell'immagine, che verrebbe perduta da un sistema che si limitasse a registrare posizione e orientamento dei contorni” "Il secondo riguarda la possibilità che la qualità "spalmata" sulla forma dai meccanismi cromatici non corrisponda a una proprietà della stimolazione locale, ma sia quanto più possibile aderente a una proprietà fisica dell'oggetto cioè alla sua riflettanza superficiale.

Il colore funziona quindi come marcatore locale dell'identità della superficie nel senso che ordinariamente tutte le parti visibili di una medesima superficie assumono lo stesso valore cromatico, che di norma è diverso da quello delle superfici circostanti. Fanno eccezione, naturalmente, i casi di mimetizzazione, in cui processi naturali o artificiali hanno operato in direzione contraria cioè verso lo smembramento della superficie. Inoltre il colore rappresenta una proprietà oggettuale costante grazie all'azione di meccanismi relativamente non influenzabili dalla variabilità dell'illuminazione. Questa seconda prestazione, nota come *costanza del colore*, costituisce l'obiettivo ideale di un sistema sensoriale che debba fungere da supporto al riconoscimento degli oggetti.

Va detto che il pieno raggiungimento di questi due obiettivi non implica una visione veridica, cioè una corrispondenza biunivoca tra stimolazione fisica (la composizione spettrale del fascio di radiazioni che arrivano all'occhio da una determinata superficie) e percepito (l'esperienza di un dato colore). Infatti il sistema di visione umano, anche quando opera in condizioni ottimali, tali da produrre colori costanti non usa un codice esaustivo (tanti colori quante sono le miscele spettrali entro la banda del visibile), ma un codice compresso in cui ogni colore è l'etichetta per un insieme di miscele equivalenti, i metameri.

L'inevitabilità dei metameri e la compressione dello spazio dei colori percepiti appaiono evidenti se si riflette sulla complessità del dominio d'origine, di cui il sistema di codificazione cromatica fornisce una rappresentazione. La riflettanza di una superficie (ma anche la luce emessa da una sorgente o quella che arriva all'occhio) corrisponde a una posizione in uno spazio con un numero di dimensioni elevatissimo, limitato soltanto dalla risoluzione spettrale del nostro apparato di rilevazione.

Usiamo uno spettroradiometro con risoluzione pari a 10 nm e misuriamo la riflettanza spettrale di un cartoncino. Ci ritroviamo con 30 valori di intensità, uno per ciascuno degli intervalli da 400 a 700 nm. A questo punto abbiamo due possibilità: rappresentare questi dati su un grafico bidimensionale, con la lunghezza d'onda in ascissa e l'intensità in ordinata (e questa è la rappresentazione convenzionale) oppure individuare un punto in uno spazio a 30 dimensioni. La prima soluzione, ben visualizzabile, comporta l'intrecciarsi di curve appartenenti alle diverse

superfici. La seconda soluzione mette fuori gioco la nostra capacità di visualizzazione, ma ha il vantaggio di fornire una rappresentazione ben più adeguata di ciascuna riflettanza spettrale e del grado di somiglianza tra riflettanze differenti. Ogni riflettanza si traduce in un unico punto e la somiglianza tra due riflettanze nella prossimità tra i due punti corrispondenti.

L'ipotesi newtoniana che la percezione cromatica umana incorpori questo livello di complessità, cioè che a ogni radiazione dello spettro corrisponda l'attività di recettori specializzati per quel tipo di "vibrazioni", venne superata nel 1807 grazie alla congettura di Thomas Young. "In pratica non si può concepire che ciascun punto sensibile della retina contenga un numero infinito di particelle, ciascuna capace di vibrare all'unisono con ogni possibile ondulazione...". Tre classi di recettori sono sufficienti a reggere uno spazio sufficientemente articolato, entro cui comprimere il dominio originario pluridimensionale.

Questa concettualizzazione aiuta a superare l'apparente inconciliabilità tra lo spettro (rappresentazione lineare) e la ruota dei colori (rappresentazione circolare). La corrispondenza tra fisico e fenomenico non va pensata come la chiusura del cerchio, ottenuta curvando lo spettro e aggiungendo le tonalità del porpora tra il rosso e il violetto, ma immaginando la proiezione di uno spazio a elevata dimensionalità in uno spazio tridimensionale, con l'inevitabile creazione di metameri, cioè di miscele fisicamente diverse (punti diversi nello spazio delle miscele di radiazioni) ma percettivamente equivalenti (stesso punto nello spazio dei colori percepiti).

Colori e categorie

Dunque, i colori appaiono come appaiono perché in tal modo essi costituiscono un codice adeguato per la rappresentazione delle proprietà superficiali degli oggetti. La nostra sensibilità alle differenze tra colori è straordinaria, considerato che il numero di sfumature discriminabili dall'osservatore umano viene stimato nell'ordine dei milioni. Tuttavia, a una numerosità così elevata fa riscontro un lessico specifico ben più ristretto. I nomi dei colori sono pochi, e pochissimi sono quelli veramente indispensabili.

Proprio perché il colore appare come una proprietà costitutiva della scena visiva, grande interesse ha sempre suscitato l'idea che la tavolozza dei colori percepiti possa dipendere, in modo più o meno stretto, dalla cultura cui appartiene un dato osservatore e che essa venga plasmata dal linguaggio. L'ipotesi, legata al nome dei linguisti Edward Sapir e Benjamin L. Whorf, può assumere la forma estrema del determinismo linguistico (le differenze tra colori sono visibili soltanto se sono disponibili adeguate categorie linguistiche) o quella più attenuata del relativismo linguistico (le differenze tra colori sono modificate dalla disponibilità di categorie linguistiche).

Nonostante l'evidenza contraria, l'ipotesi che la segmentazione percettiva dello spazio cromatico dipenda dal linguaggio/cultura e non da fattori

sensoriali tende curiosamente a sopravvivere. Come osserva Pinker, la sua sopravvivenza fa probabilmente appello al fascino che esercitano idee come la modificabilità dell'esperienza visiva o la possibilità che esseri umani di culture diverse vedano il mondo in modi qualitativamente diversi. Per questo motivo, molti continuano a simpatizzare con l'ipotesi che la varietà di parole possedute dagli eschimesi per denominare i vari tipi di neve consenta una maggiore capacità di discriminazione tra vari tipi di bianco, non distinguibili da altri esseri umani.

Un punto di vista incompatibile con il determinismo linguistico è quello sviluppato nella fondamentale monografia di Berlin e Kay, che presenta l'analisi comparata dei termini di colore disponibili in più lingue, tra loro anche molto distanti. Sulla base dei dati raccolti direttamente dai parlanti di 20 lingue diverse, e dal confronto con l'evidenza linguistica relativa, ad altre 78 lingue, Berlin e Kay giunsero alle seguenti conclusioni:

- a. le categorie fondamentali di colore sono relativamente poche (esattamente 11), e ciascuna è organizzata intorno a un colore focale, percettivamente saliente;
- b. in ogni linguaggio compaiono da 2 a 11 termini che indicano colori estratti da questo piccolo insieme;
- c. l'ordine con cui il lessico si arricchisce di nuovi termini base (dal minimo di 2 al massimo di 11) segue la sequenza illustrata nella figura 4.1.

Le conclusioni di Berlin e Kay non sono condivise da tutti, anche se trovano riscontro nei risultati di molte ricerche empiriche. Una menzione specifica meritano le ricerche di Eleanor Rosch Heider sulla superiorità dei colori focali rispetto ai colori non focali, cioè percepiti come intermedi, in una varietà di compiti sperimentali.

L'esistenza di universali linguistici determinati dalla salienza dei colori focali, cioè percettivamente primari, costituisce un argomento a favore del carattere categoriale dello spazio cromatico. Una delle definizioni di percezione categoriale contrappone le variazioni sul continuum fisico dello stimolo alle discontinuità nell'identificazione percettiva. Per semplificare al massimo, prendiamo in considerazione tre radiazioni monocromatiche: 485 nm, 489 nm, 493 nm. In condizioni di riduzione, la prima appare blu, la seconda blu verdastro, la terza verde bluastrò. Se in un compito di classificazione, a parità di distanza sullo spettro, le prime due radiazioni vengono confuse più facilmente di quanto non siano la seconda e la terza, si ottiene il cosiddetto effetto del confine categoriale (category'-boundary effect). Si noterà che la differenza non è a livello della discriminazione sensoriale. Anzi si presuppone che la discriminabilità all'interno delle due coppie 1-2 e 2-3 sia eguale. L'effetto categoriale riguarda la sicurezza con cui l'osservatore è in grado di identificare ciascuna luce, denominandola (cioè ricorrendo a un'etichetta che fa riferimento a un modello interno delle categorie di colore), o riconoscendo che si tratta della stessa luce in due presentazioni successive. Questo secondo metodo corrisponde al cosiddetto compito A-B-X, in cui vengono presentati in sequenza due stimoli fisicamente diversi e percettivamente discriminabili, e poi un terzo stimolo che può essere identico al primo (nel qual caso la sequenza è A-B-A) o al secondo (nel qual caso la sequenza è A-B-B). L'osservatore

deve segnalare se l'ultimo stimolo è uguale al primo o al secondo. Poiché il compito richiede la mediazione, non necessariamente verbale, del codice usato dall'osservatore per rappresentarsi internamente i colori, si presuppone che esso sia rivelatore del modo in cui è strutturata tale rappresentazione.

Oltre la composizione spettrale

Fino a questo punto ci siamo occupati degli aspetti percettivi e cognitivi del colore come qualità assoluta della sensazione. Tuttavia, il colore come attributo degli oggetti che incontriamo nell'ambiente (le superfici, i liquidi, le sorgenti di luce, il cielo) è influenzato da fattori che codeterminano il suo modo di apparire. Senza la pretesa di essere esaustivi, vediamo alcuni fenomeni che mettono in luce altre determinanti del colore percepito, oltre alla composizione spettrale della luce locale.

Probabilmente la distinzione più importante tra i modi di apparire del colore è quella tra colore di superficie e colore di riduzione. Entrambi i modi sono disponibili nell'ambiente naturale. Il colore di superficie viene visto, per l'appunto, come una proprietà ben localizzata nello spazio, definita dai contorni dell'oggetto e inerente al materiale di cui è composta la superficie; ha un forte carattere oggettuale, nel senso che sembra fermare lo sguardo (se si vive lo sguardo, come nel modello pitagorico della visione, alla stregua di qualcosa che esce dagli occhi e va a posarsi sugli oggetti). Quasi sempre è associato a una texture, cioè a una microstruttura della superficie che contribuisce a sorreggere il carattere oggettuale del colore.

Il colore di riduzione, che deve il suo nome alla particolare qualità che assumono le regioni perfettamente omogenee, cioè prive di microstruttura, osservate attraverso uno schermo di riduzione (un foro in un cartone nero), è quello del cielo, o quello del nero profondo e vellutato dell'apertura delle grotte. Non a caso l'espressione inglese più comune per questo modo di apparire del colore è "aperture mode". In questo caso la localizzazione in profondità è relativamente indeterminata, e l'aspetto è soffice e penetrabile allo sguardo. È bene comprendere che la differenza tra i due modi non dipende necessariamente dalla natura locale della miscela di radiazioni, né dallo stato di accomodazione. La dimostrazione venne fornita da Kanizsa, che individuò nel gradiente marginale la condizione sufficiente per il prodursi di una differenza nel modo di apparire di due zone internamente omogenee e con la medesima composizione spettrale.

Kanizsa faceva notare che a questo modo di apparire si accompagna anche una diversa suscettibilità all'assimilazione. Le zone divise da un gradiente marginale dolce tendono ad apparire più simili (meno contrastate) di quelle divise da un gradiente ripido. In altri termini, a parità di altre condizioni, la zona delimitata da margini netti, che tende ad apparire come un oggetto staccato dallo sfondo, si differenzia cromaticamente dallo sfondo più di una zona delimitata da margini gradualmente.

E' opportuno richiamare, a questo proposito, la transizione che si osserva nel Ganzfeld all'aumentare dell'intensità dell'illuminazione. Ganzfeld è il termine usato per indicare la condizione di totale omogeneità della stimolazione retinica, ottenibile in vari modi: coprendo gli occhi con mezza pallina da ping-pong, stendendosi sul prato a guardare un cielo uniformemente velato oppure osservando un'ampia parete dipinta con cura, allo scopo di eliminare ogni imperfezione (il metodo usato da Wolfgang Metzger). In queste condizioni piuttosto estreme, l'osservatore si sente collocato in una nebbia indistinta, che si addensa a un paio di metri da lui, e in cui lo sguardo affonda senza incontrare resistenza. Se la luce che arriva all'occhio è cromaticamente sbilanciata, la tonalità vista all'inizio scompare rapidamente. Più interessante è qualcosa che succede nel caso del Ganzfeld ottenuto illuminando una parete. Se l'intensità dell'illuminazione viene aumentata al punto da rendere discriminabile la microstruttura della parete, che cadeva sotto soglia a un'illuminazione più bassa, allora improvvisamente la parete si localizza a una distanza definita e il colore assume la tipica apparenza superficiale. In entrambi i casi la disponibilità di informazioni di dettaglio (contorno o microstruttura) ancorano il colore alla superficie.

Occupiamoci ora di una fondamentale proprietà fisica delle superfici, il tipo di riflessione (Lambertiana vs. speculare). Le differenze fra i vari tipi di superficie appaiono evidenti sotto illuminazione non diffusa. A un estremo troviamo la superficie a tempera, in cui la luce riflessa tende a mantenersi costante indipendentemente dall'angolo di osservazione; nell'altro la superficie metallica, a specchio, in cui la luce riflessa da ciascuna zona varia drammaticamente in funzione dell'angolo di osservazione.

Questa distinzione ha un corrispettivo fenomenico nel modo di apparire opaco/lucido, che è una tipica proprietà percettiva non locale. Dobbiamo a Beck la migliore dimostrazione che la lucentezza, che pure viene vista come appartenente a ciascun punto della superficie interessata, è una proprietà globale.

Alla lucentezza come prodotto del sistema percettivo si ricollega un fenomeno classico, la cui spiegazione fornisce una bellissima applicazione del concetto di inferenza inconscia. La fusione binoculare si può ottenere con uno stereoscopio, o semplicemente incrociando gli occhi. Poiché il grigio dei due sfondi è circa equivalente alla miscela di bianco e di nero delle due zone centrali, ci si potrebbe addirittura attendere la scomparsa della zona centrale. Naturalmente ciò non avviene, perché il segnale relativo al contorno, presente in ciascun occhio, non viene soppresso. L'impressione risultante non riflette nemmeno (o per lo meno non sempre) la rivalità tra i due input monoculari, con prevalenza dell'uno o dell'altro, alternativamente. Si produce invece un risultato sorprendente: la comparsa di una zona centrale di colore grigio argenteo, contraddistinta da una caratteristica lucentezza metallica del tutto assente nelle immagini monoculari, isolatamente considerate.

Helmholtz ragionava così. Il sistema visivo centrale valuta l'evidenza sensoriale attribuendo all'oggetto esterno le proprietà che normalmente, nella visione ordinaria, producono proprio quelle condizioni di

stimolazione. Tralasciando il rischio di circolarità cui si espone l'approccio raziomorfo, vediamo che cosa cerca di cogliere questa spiegazione. Siccome nell'esperienza ordinaria le superfici a riflessione speculare determinano, diversamente dalle superfici opache, forti dislivelli di intensità in funzione del punto di osservazione, il sistema visivo, quando trova due immagini monoculari (che lui "sa" essere raccolte in punti diversi dello spazio) in cui la polarità del contrasto è addirittura invertita, inferisce che la superficie esterna è dotata di lucentezza metallica.

Distinguiamo ora, nella spiegazione helmholtziana, l'interpretazione raziomorfa (cioè il ricorso al concetto di inferenza inconscia su base probabilistica) dalla parte funzionale, consistente nell'individuare le condizioni di stimolazione sufficienti a produrre un determinato effetto percettivo. È importante notare che l'impressione di lucentezza viene attribuita al verificarsi di particolari condizioni nello stimolo prossimale (la luce che arriva agli occhi), che possono prodursi anche in assenza del corrispettivo distale (l'esistenza nel modo fisico di una superficie a riflessione speculare).

Un altro semplice esempio è fornito dal ruolo della direzione del rapporto di luminanza al bordo, nel determinare l'impressione di luminosità. Dobbiamo a Hans Wallach un'osservazione fondamentale. Consideriamo un caso molto semplice, un disco delimitato da un bordo netto al centro del Ganzfeld. Quando la luminanza del disco è inferiore a quella della zona circostante (condizione "decremento"), il disco appare grigio, cioè dotato di un certo colore di superficie, quello che in inglese viene indicato con il termine *lightness*. Quando invece la luminanza del disco è superiore a quella della zona circostante (condizione "incremento"), il disco appare luminoso. In condizioni impoverite, quella che è una fondamentale distinzione sulla natura dello stimolo distale - superficie riflettente oppure sorgente luminosa - trova la sua controparte percettiva in due impressioni ben distinte, che sembrano governate da una semplice variabile relazionale, il rapporto di luminanza al bordo tra zona inclusa e zona includente. Questo principio può servire a spiegare perché la luna, che dal punto di vista fisico non è una sorgente luminosa, ci appare invece proprio come una sorgente, cioè come qualcosa che emette luce propria. Il vero colore della luna non è visibile, perché in condizioni naturali lo stimolo prossimale corrispondente al disco lunare è un incremento rispetto all'ampia zona circostante.

Parlare della luminosità percepita è servito a chiarire la funzione dell'informazione al bordo nel determinare il modo di apparenza del colore, e ci introduce a un problema centrale nelle ricerche sul colore: la possibilità che il colore di superficie si mantenga costante al variare delle caratteristiche della scena visiva in cui tale superficie si trova inserita.

Colore e organizzazione della scena

Come già aveva osservato Hering, un disco di luminanza costante non sempre appare dello stesso grigio. Dipende dal rapporto di luminanza con la zona circostante. Il fenomeno è molto appariscente se si dispone di una

sorgente di luce regolabile, come un monitor su cui far variare la luminanza dello sfondo lasciando inalterata la luminanza del disco centrale.

Il fenomeno viene indicato con il termine contrasto simultaneo. Tuttavia non c'è accordo sulla spiegazione da dare all'effetto, né sull'attributo coinvolto. Si tratta del colore di superficie, cioè della lightness, o si tratta della luminanza percepita, cioè della brightness? La questione è complessa, e coinvolge aspetti fondamentali delle attuali teorie della percezione.

Vediamo qui di seguire una linea di ragionamento, secondo la quale il fenomeno non fa altro che attivare in misura parziale i meccanismi che nella visione ordinaria garantiscono la costanza del colore di superficie. Nelle comuni condizioni ambientali, la luce che arriva all'occhio è il prodotto di due termini: la riflettanza superficiale e l'illuminazione incidente. Il sistema visivo, per produrre dei colori percepiti corrispondenti alle caratteristiche fisiche della superficie, deve riuscire a compiere un'operazione equivalente all'estrazione della componente illuminazione. L'estrazione di questa componente può essere effettuata, in prima approssimazione, utilizzando la luminanza della zona includente come schema di riferimento per il livello di grigio da assegnare alla zona inclusa. In sostanza, questo è il principio del rapporto tra luminanze adiacenti formulato da Wallach e validato da altri ricercatori. Quattro proiettori illuminano indipendentemente quattro zone di uno schermo omogeneo, in una stanza per il resto buia: le zone sono due anelli e due dischi in essi inclusi. L'intensità dei due proiettori che illuminano gli anelli è diversa. L'osservatore ha il compito di regolare l'intensità del disco di destra fino a renderlo percettivamente identico al disco di sinistra. Quando i dischi sono dei decrementi, l'eguagliamento si ottiene, con elevata precisione, quando il rapporto di luminanza con la zona circostante è il medesimo. Per esempio, se la luminanza dell'anello di sinistra è pari a 100 unità e quella dell'anello di destra a 20 unità, i due dischi appariranno dello stesso grigio se il primo ha intensità 10 e il secondo intensità 2.

Quando i due dischi hanno la stessa luminanza e gli anelli sono diversi, il disco circondato dalla luminanza più elevata appare decisamente più scuro. Il principio del rapporto tra luminanze adiacenti è coerente con l'idea che l'occhio stimi il livello di illuminazione entro il quale viene osservata una determinata superficie in base alla luminanza della zona includente. La stessa luminanza può quindi essere scomposta percettivamente in una bassa riflettanza percepita (un grigio scuro) sotto un'illuminazione elevata, oppure in una elevata riflettanza percepita (un grigio chiaro) sotto bassa illuminazione. Seguendo questa linea di spiegazione, viene da chiedersi come mai la differenza tra le zone incluse sia relativamente piccola. In base al principio del rapporto tra luminanze adiacenti, il decremento più marcato dovrebbe essere visto come un grigio medio (il che accade), mentre l'incremento dovrebbe essere visto come un bianco luminoso (il che non accade). Come suggerisce Gilchrist in realtà fornisce informazione contraddittoria sul livello di illuminazione rilevante per la stima del colore di superficie. Infatti, se l'occhio fosse in grado di

prescindere dagli sfondi locali e di mettere in rapporto ciascuna zona inclusa con il bianco della pagina, non ci dovrebbe essere alcuna illusione. Sé ciò non accade, è perché lo schema di riferimento prossimo (l'includente immediatamente adiacente) esercita comunque un'azione, anche quando è presente un'informazione relativamente remota, che potrebbe portare alla percezione veridica.

La configurazione disco/anello può essere quindi interpretata come un caso limite per l'azione dei meccanismi che nella visione ordinaria garantiscono la costanza del colore. Il principio del rapporto tra luminanze adiacenti ha significato ecologico, cioè tende a produrre colori di superficie veridicamente costanti, soltanto se le luminanze in questione corrispondono a superfici complanari. Anche in questo caso, il problema è colto da una dimostrazione classica, il cosiddetto diedro di Mach.

Ernst Mach descrisse il seguente fenomeno. Si consideri un diedro convesso con facce della medesima riflettanza, illuminate con intensità diversa: per esempio, un biglietto da visita piegato a tetto, con un'illuminazione laterale. Nella visione ordinaria, le due facce appaiono più o meno dello stesso colore (bianche se il cartoncino è ad alta riflettanza), anche se una appare ben rischiarata e l'altra in ombra. Fin qui nulla di sorprendente. Si provi tuttavia a fissare il diedro con un occhio solo, chiudendo l'altro occhio e tenendo la testa ferma. In queste condizioni di osservazione un po' artificiali, dopo qualche istante il colore delle due facce appare marcatamente diverso. La zona a luminanza elevata può apparire luminosa (se il ripiano su cui poggia il diedro è relativamente scuro); l'altra appare di un colore cupo, grigio plumbeo se il cartoncino è acromatico, olivastro se il cartoncino è giallo limone, marrone se il cartoncino è giallo aranciato. La trasformazione del colore è associata all'assunzione di un particolare atteggiamento osservativo, chiamato modo prossimale. Quando l'osservatore assume questa impostazione soggettiva, la percezione è dominata dalle relazioni presenti nell'immagine retinica, e assume minor peso l'organizzazione della scena tridimensionale prevalente nel modo della costanza. Che l'organizzazione tridimensionale sia disattesa è confermato dall'impressione di movimento parassita che si ha muovendo leggermente la testa, dopo aver ottenuto la trasformazione di colore caratteristica del modo prossimale. Se si sposta lateralmente il punto di vista, il diedro si muove in modo strano, come se non fosse rigido: a un movimento della testa verso sinistra corrisponde un'oscillazione dello spigolo più vicino verso destra, e viceversa. Naturalmente le deformazioni geometriche della proiezione retinica sono sempre presenti, prima e dopo l'assunzione del modo prossimale. Ciò che cambia è il tipo di rappresentazione percettiva in atto. Lo stesso vale per l'intensità e la composizione spettrale dello stimolo prossimale corrispondente alle due facce del diedro. In condizioni normali la differenza nella luce riflessa dalle due facce viene correttamente riferita a un modello tridimensionale della scena che include la presenza di un'illuminazione laterale. Nel modo prossimale il campo visivo viene osservato come se fosse un mosaico di regioni contigue, al di sotto di un'illuminazione comune.

La dimostrazione base con il diedro di Mach è stata confermata da esperimenti più elaborati. La situazione sperimentale forse più rappresentativa è quella escogitata da Alan Gilchrist negli anni '70. Si costruisca un diedro con una faccia ad alta riflettanza (cartoncino bianco), una faccia a bassa riflettanza (cartoncino nero) e due lembi sospesi: uno ad alta riflettanza (bianco), che continua sullo stesso piano della faccia nera, e l'altro a bassa riflettanza (nero), che continua sullo stesso piano della faccia bianca. Per ottenere nello stimolo prossimale la combinazione di luminanze desiderata, è necessario collocare il tutto in modo che la faccia bianca e il lembo nero siano molto illuminati, e la faccia nera e il lembo bianco siano poco illuminati. Nell'esperimento di Gilchrist le luminanze delle facce erano pari a 900 e 1 (in unità arbitrarie), mentre la luminanza di ciascun lembo era pari a 30.

I grigi percepiti sui due lembi sono diversi, a seconda del modo osservativo. Quando prevale il modo della costanza, cioè nelle normali condizioni di esplorazione libera in visione binoculare, i lembi appaiono nell'orientamento tridimensionale veridico e con un colore di superficie corrispondente alla riflettanza: quello a bassa riflettanza appare nero e quello ad alta riflettanza appare bianco. In visione monoculare e in fissazione stabile (modo prossimale) si ottiene addirittura un'inversione: il lembo a bassa riflettanza, che si trova circondato su tre lati da una luminanza ancora più bassa, appare quasi bianco, mentre il lembo ad alta riflettanza, circondato su tre lati da una luminanza ancora più alta, appare quasi nero. Gilchrist spiega l'inversione in base al principio del rapporto tra luminanze complanari. Sul colore non avrebbero effetto tutti i rapporti, ma soltanto quelli tra luminanze corrispondenti a superfici ugualmente orientate e quindi ugualmente illuminate. Questo principio sussume il principio del rapporto tra luminanze adiacenti formulato da Wallach, in quanto nelle condizioni semplificate del paradigma disco/anello tutte le superfici appaiono sempre ugualmente orientate. Ma il suo significato per la teoria della percezione è molto profondo. Esso indica infatti che il colore percepito non dipende dalle relazioni sul piano dell'immagine, ma dai rapporti esistenti all'interno della rappresentazione della scena visiva al momento attiva nella mente dell'osservatore.

Va comunque precisato che questa rappresentazione della scena non è qualcosa che l'osservatore può modificare a proprio piacimento, semplicemente immaginando che le cose stiano in un certo modo. Essa è a sua volta dipendente dall'informazione spaziale disponibile nello stimolo. Per questo, in tutte le varianti del diedro di Mach, è così importante eliminare l'informazione contenuta nelle disparità binoculari.

L'esempio forse più bello e sorprendente dell'autonomia della percezione del colore è dato dal cosiddetto effetto Gelb. Si faccia pendere dal soffitto di una stanza in penombra un disco di cartone a bassa riflettanza (nero), appeso con del filo sottile. Con un proiettore da diapositive si illumini il disco in modo che la parte del fascio luminoso non intercettata vada a perdersi in un angolo remoto della stanza. In tali condizioni il disco apparirà bianco luminoso, proprio come la luna di notte. Naturalmente questa costituisce una clamorosa perdita di costanza, di cui possiamo

renderci conto spegnendo il proiettore e accendendo la luce nella stanza, oppure accostando al disco un foglio ad. alta riflettanza (bianco). Quando sotto il fascio del proiettore vengono a cadere sia il foglio sia il disco allora è il foglio ad apparire bianco, e il disco diventa più scuro. Una delle caratteristiche importanti dell'effetto Gelb è la sua impermeabilità alle conoscenze di alto livello possedute dall'osservatore. Anche dopo aver visto il disco sotto illuminazione normale, gli osservatori continuano a vederlo bianco non appena viene riprodotta la condizione di illuminazione localizzata.

Ma in che modo possiamo ricollegare l'effetto Gelb al fenomeno della costanza, che dobbiamo considerare come l'adattamento funzionale agli scopi generali dell'organismo?

L'effetto Gelb costituisce una clamorosa perdita di costanza di una superficie opaca, attribuibile proprio all'impossibilità, per il sistema visivo, di svelare la presenza di un'illuminazione aggiuntiva localizzata soltanto sul disco. La perdita di costanza dipende dallo stesso meccanismo che nella maggior parte dei casi produce la costanza. Normalmente il rapporto con la scena includente, che svolge il ruolo di schema di riferimento per l'illuminazione comune è improbabile, perché la coincidenza tra bordi di riflettanza e bordi di illuminazione è improbabile. Ma lo stesso rapporto può produrre un risultato non veridico quando l'illuminazione è localizzata, a causa della coincidenza tra bordi di riflettanza e bordi di illuminazione.

L'altro importante aspetto dell'effetto Gelb riguarda il ruolo della luminanza più elevata che, sul continuum acromatico, tende a essere convertita nella percezione del bianco luminoso. Rispetto a questo ancoramento, le luminanze inferiori vengono scalate in modo da occupare livelli via via più bassi della scala dei grigi.

Un interessante equivalente pittorico della dipendenza del colore acromatico dalla zona di appartenenza, che funge da schema di riferimento, è la "snake illusion" di Ted Adelson. Il punto importante di questa dimostrazione sta nel maggiore effetto ottenuto quando la configurazione ha una chiara interpretazione in termini ambientali, fermo restando il rapporto di luminanze ai bordi.

Questa analisi può essere generalizzata ai colori cromatici. Una superficie apparirà rossa, gialla o verde, non soltanto in funzione della composizione spettrale del corrispondente stimolo prossimale, ma anche dell'illuminazione percepita. Se ciò è vero dovremo scoprire che anche nel dominio cromatico la costanza prevale se le varie regioni dell'immagine corrispondono a superfici collocate al di sotto di un'illuminazione comune; ma viene meno se l'ambiente contiene zone illuminate da sorgenti con diversa composizione spettrale.

Il fenomeno naturale che fornisce una buona dimostrazione della perdita di costanza conseguente alla presenza di illuminazioni cromaticamente diverse è costituito dalle ombre colorate. Descritte da vari studiosi, tra i quali Leonardo da Vinci e Gaspard Monge, le ombre colorate sono osservabili in molte condizioni naturali e artificiali. In una stanza il fenomeno è facilmente riproducibile se si dispone di due faretti, uno dei quali con un filtro rosso. Intercettate il fascio rosso con la mano facendo

cadere l'ombra su un foglio bianco: l'ombra non è grigia ma verdastra. La cosa è sorprendente, se si pensa alla composizione spettrale della luce riflessa dalla zona d'ombra. La composizione è neutrale, come si può verificare spegnendo la lampadina rossa. Quindi l'ombra, se dipendesse dallo stimolo locale, dovrebbe apparire grigia. Invece il colore dell'ombra viene a dipendere dalla zona circostante, che definisce il livello di illuminazione cui vengono riferiti tutti gli oggetti inclusi. Quando entrambe le lampadine sono accese, l'illuminazione fisica è spostata verso il rosso, ma quella percepita tende sempre al bianco. Una zona che riflette una miscela neutrale appare grigia se l'illuminazione è neutrale (lampadina rossa spenta); mentre appare verde se l'illuminazione è fisicamente sbilanciata verso il rosso ma percettivamente controbilanciata verso il verde.

La tendenza verso il livello neutrale, ipotizzata da Koffka quale fondamento di una teoria relazionale del colore cromatico, trova riscontro nel modello Retinex di Land e McCann. Il modello Retinex postula l'esistenza di due stadi (retina-cortex) chiaramente distinti. Lo stadio periferico consiste nella codificazione dei rapporti di intensità tra regioni all'interno di ciascuna delle tre immagini ottenute applicando uno dei tre filtri in input corrispondenti all'assorbimento spettrale di ciascuna classe di coni. La codificazione include l'ancoramento della scala all'intensità più elevata, proprio come avviene nel dominio acromatico (effetto Gelb), quando la luminanza più alta nella scena assume il valore del bianco. A livello centrale, le tre immagini filtrate e scalate vengono combinate in un modello tridimensionale dei colori, in cui ciascun asse corrisponde sostanzialmente all'attivazione relativa di ciascuna classe di recettori. Il modello spiega bene un interessante esperimento di John McCann con mosaici di regioni colorate, che McCann chiama *tatami*, sotto illuminazione colorata. Si faccia conto di avere un mosaico sotto illuminazione azzurra e un mosaico sotto illuminazione gialla, tali da produrre lo stesso insieme di luci riflesse. Ovviamente le superfici dei due *tatami* hanno diverse riflettanze spettrali. Osservati in isolamento, con uno schermo di riduzione, i due *tatami* appaiono identici. Come è logico, se si pensa che il pattern di luci riflesse è lo stesso; ma il risultato sorprende, se si sa che i cartoncini colorati sono diversi. Le cose cambiano se entro ciascun *tatami* viene inserita una cornice bianca adiacente a tutte le regioni colorate. In questo caso l'equivalenza si perde e la percezione tende verso la conservazione della costanza del colore cromatico, anche in condizioni di isolamento. Secondo McCann l'effetto è attribuibile all'introduzione di un ancoramento (l'intensità massima corrispondente al bianco) in ciascuno dei tre canali periferici.”

[Walter Gerbino capitolo 4, *Percezione del colore*, in Oleari Claudio, *Misurare il colore*, Hoepli, Milano 1998.]

“All'interno di uno spazio chiuso, il colore può influenzare in maniera assai diversa il carattere del locale a seconda della sua dislocazione (ai lati, in alto o in basso), nonché il modo in cui viene percepito psicologicamente con le reazioni che ne conseguono. Una tinta particolare, perfettamente adatta per un pavimento, può innescare reazioni totalmente inverse se viene applicata al soffitto.

ROSSO

Soffitto: intrusione, pesantezza, fastidio
 Pareti: aggressività, senso di incombenza
 Pavimento: consapevolezza, attenzione vigile, forse anche pomposità
 Nelle situazioni pratiche, in realtà, il rosso puro viene impiegato raramente come colore dominante (sulle pareti) e assai più spesso come elemento utile a evidenziarne altri. Benché la sollecitazione psicologica indotta dal rosso possa essere transitoria, questo colore possiede in ogni caso caratteristiche di peso psicologico fortemente accentuate. In uno spazio

interno, pertanto, l'uso eccessivo di un rosso saturo aumenterà la complessità visiva dell'ambiente. Appare dunque più adatto apportare al rosso puro alcune modifiche.

ROSA

Soffitto: delicatezza, comodità
 Pareti: aggressività inibente, senso di intimità, eccessiva sdolcinatezza se non viene corretto con del grigio
 Pavimento: delicatezza forse eccessiva, insolita per tale dislocazione
 Il rosa va usato con cautela. Viene generalmente considerato un colore femminile e, pertanto, consigliabile per spazi legati alla sfera intima della donna. Tradizionalmente viene considerato perfetto per la camera di una fanciulla (rosa per le ragazze e azzurro per i ragazzi), ma la cosa è ormai diventata una sorta di cliché trito e ritrito. Come alternativa, si può usare come colore base un verdazzurro chiaro, anche se la predominanza dell'una o dell'altra tonalità può far spostare l'ago della bilancia ora verso l'elemento femminile ora verso quello maschile. Nell'uso del rosa molto dipende dalla sfumatura impiegata; un «rosa bubble-gum» risulterà più vivace ma anche un po' più dozzinale di un rosa antico.

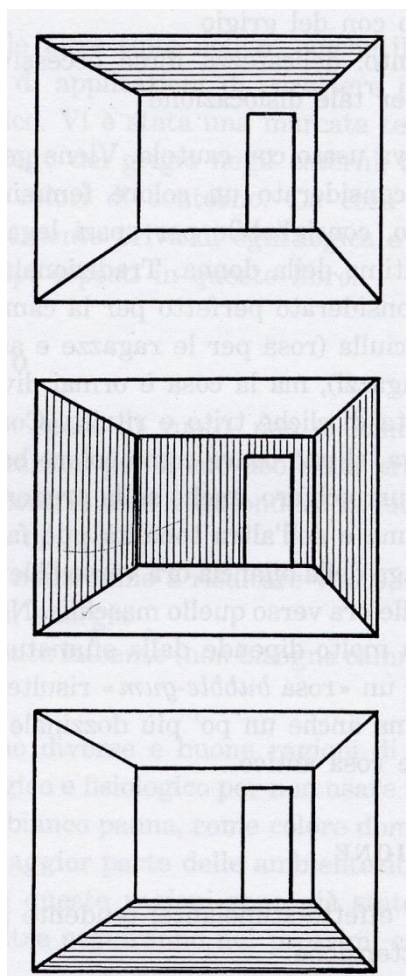


Figura 2-1 Dislocazione colore

ARANCIONE

Soffitto: effetto stimolante, tendente a captare l'attenzione

Pareti: calore, luminosità

Pavimento: stimola l'attività e il movimento

L'arancione è più pastoso del rosso ed è più facile convivere. Se però è troppo luminoso, difficilmente può essere impiegato se non per evidenziare altri colori. Le sfumature pastello dell'arancione sono adatte per indurre stati d'animo allegri, vivaci e amichevoli. I suoi riflessi sulla pelle possono in certi casi scurire la carnagione, soprattutto quando la sfumatura di questa tinta è vicina al color pesca (il che lo rende particolarmente adatto per stanze da bagno).

MARRONE

Soffitto: oppressione e pesantezza (se di tonalità scura)

Pareti: senso di sicurezza e rassicurazione se si tratta di legno; l'effetto diminuisce se si tratta di vernice.

Pavimento: fermezza, equilibrio

C'è una grande differenza tra le tonalità di marrone proprie dei materiali naturali, come il legno, e quelle delle pitture per interni. La vernice marrone non risulta mai così calda e confortevole alla vista come il legno. Il marrone si dovrebbe evitare in alcuni locali pubblici per non richiamare associazioni di idee con le feci.

GIALLO

Soffitto: luce (se tendente al giallo limone), stimolante, luminoso

Pareti: calore (se tendente all'arancione), eccitante fino all'irritazione (se fortemente saturo)

Pavimento: senso di elevazione, distrazione

Data la sua grande visibilità, il giallo è usato per molti dispositivi di sicurezza, soprattutto in aree industriali. Esso appare inoltre più smagliante del bianco ed è pertanto utile per spazi scarsamente illuminati ed esigui. La sfumatura pastello del giallo si armonizza bene con vari altri colori di contorno, ravvivando tra l'altro uno spazio e conferendogli quelle caratteristiche di amichevole spensieratezza che gli sono proprie. I colori di contorno possono poi renderlo o più eccitante e caldo (arancione, rosso) o maggiormente freddo e tranquillizzante (verde, verdazzurro).

VERDE

Soffitto: protettivo (i riflessi sulla pelle possono però risultare poco gradevoli)

Pareti: freschezza, sicurezza, calma, affidabilità, passività; è irritante quando troppo abbagliante (verde elettrico), opaco se tende al verde oliva

Pavimento: colore naturale (fino a un certo punto di saturazione), delicato, rilassante, freddo (se tende al verdazzurro)

Il verde, insieme con il verdazzurro, offre un ottimo sfondo ambientale per la meditazione e per momenti che richiedono un'alta concentrazione.

BLU

Soffitto: celestiale, fresco, con minor senso di incombenza se si tratta di blu chiaro, pesante e opprimente nelle sue varianti più scure

Pareti: fresco e distante se si tratta di blu chiaro, senso di incoraggiamento e maggior profondità dell'ambiente se si tratta di blu scuro

Pavimento: sensazione di movimento privo di sforzo se si tratta di blu chiaro, di forte resistenza se si tratta di blu scuro

Se applicato a superfici piuttosto ampie, il blu tende ad essere freddo e lugubre, soprattutto in grandi vestiboli e corridoi

Le tonalità intermedie e profonde risultano adeguate per aree di secondaria importanza. Il blu pallido viene rifratto bruscamente dal cristallino e perciò tende a proiettare una patina su particolari e oggetti presenti nell'ambiente. Ciò può causare un certo disagio alle persone costrette a restare per lungo tempo in un locale dipinto in questa tonalità di blu.

VIOLA-VIOLETTO

Raramente viene impiegato per spazi interni, fatta eccezione come colore di contorno o per creare atmosfere particolari. Dal punto di vista psicologico, può indurre una sensazione di sconcerto e sottomissione.

GRIGIO

Soffitto: ombroso

Pareti: neutro fino alla noia

Pavimento: neutro

Come le altre tinte neutre, anche il grigio manca di applicazioni di carattere psicoterapeutico. Vi è stata una marcata tendenza all'impiego del grigio negli esterni, accanto a vari colori di contorno. La cosa risulta assolutamente priva di ogni logica e ignora i principi esposti in questo libro.

BIANCO

Soffitto: senso di vuoto, non si hanno controindicazioni per il suo uso nella progettazione, contribuisce a diffondere la luce e riduce le ombre

Pareti: neutro fino a risultare vuoto, sterile privo di energia

Pavimenti: inibente (non bisogna camminarci)

Esistono diverse e buone ragioni di ordine psicologico e fisiologico per non usare il bianco, o il bianco panna, come colore dominante nella maggior parte delle ambientazioni.

NERO

Soffitto: vuoto fino ad essere opprimente

Pareti: inquietante, simile alla segreta di un castello

Pavimento: bizzarro, astratto”

[Mahnke Frank, pag 71, *Effetti del colore nello spazio interno*, in *Il colore nella progettazione : l'uso del colore come elemento di benessere nella progettazione dell'ambiente architettonico*, UTET, Torino, 1998.]

2.4. La costanza di colore, Edwin H. Land

Edwin H. Land (1909-1991) compì i suoi studi ad Harvard; proprio in quegli anni, nel 1936, inventò un foglio polarizzante, che chiamò polaroid, costituito da una pellicola di plastica in cui erano incorporati numerosi cristalli di erapatite (solfato di iodochinino). Abbandonata l'università prima del conseguimento della laurea, fondò nel 1937, la Polaroid Corporation, che inizialmente produceva prismi, occhiali e vetri accoppiati, tutti basati sul principio della polarizzazione della luce ed intorno alla metà degli anni Quaranta iniziò la fabbricazione di un particolare tipo di macchina fotografica, in grado di fornire direttamente una copia positiva delle fotografie grazie a pellicole dotate, oltre al rivestimento fotosensibile, anche di sostanze necessarie allo sviluppo; nel 1972 l'azienda fu in grado di produrre una macchina capace di stampare direttamente, dopo pochi minuti, foto a colori.

Queste rivoluzionarie innovazioni tecniche sono strettamente legate allo studio sistematico compiuto da Land sui processi di percezione cromatica ed in particolare sulla costanza percettiva del colore. Inizialmente, intorno agli anni Cinquanta dello scorso secolo, Land utilizzò due filtri per fotografare una scena colorata: uno permetteva il passaggio esclusivamente delle lunghezze d'onda corte, l'altro di quelle lunghe; le due foto, così, differivano esclusivamente per una maggiore brillantezza od oscurità dei punti corrispondenti, ma non erano colorate. Proiettò poi le due diapositive, in modo che si andassero a sovrapporre su uno schermo, utilizzando, per proiettare le immagini, una lampada ad incandescenza (luce bianca) per la pellicola impressionata dalle onde corte e un fascio di luce rossa per la pellicola impressionata dalle onde lunghe. Secondo la teoria dei colori classica, di Newton, Young, Maxwell, Helmholtz l'immagine sullo schermo avrebbe dovuto possedere diverse sfumature di rosa, mentre quella che gli si presentò era di vari colori, abbastanza simili a quelli originali. Per più di venti anni Land proseguì il suo lavoro di ricerca, mettendo in luce come questi colori inaspettati apparivano pressoché istantaneamente e quindi non erano dovuti a un qualche meccanismo di adattamento dell'occhio, né dipendevano dall'intensità dell'illuminazione ambientale o dai raggi di luce che venivano proiettati, o dai filtri utilizzati per produrre le diapositive.

Land approntò una serie di esperimenti in cui utilizzava proiettori a luce monocromatica di lunghezza d'onda variabile, in modo da poter studiare la variazione di colori al variare delle lunghezze d'onda con cui gli oggetti venivano illuminati. Tutto questo lo portò a concludere che la teoria classica sul modo con cui vengono percepiti i colori è valida soltanto per macchie circoscritte di luce, osservate su uno sfondo nero, cosa che ha scarsa rilevanza in contesti naturali, in cui siano coinvolti oggetti diversi e un'illuminazione variabile. Insomma, il colore percepito di un determinato oggetto non dipende dalla lunghezza d'onda riflessa ed inviata all'occhio.

Per scoprire la natura dello stimolo, utilizzò collages "Mondrian", pezzi di carta di diversa forma e colore. I suoi primi esperimenti furono condotti con "Mondrian" a figure bianche, grigie e nere; l'osservatore portava occhiali neri che consentivano pertanto l'attività dei bastoncelli e non quella dei coni (visione notturna). Variando l'illuminazione, Land vide che le gradazioni di colore dal bianco al nero non variavano anche se una forma percepita come nera mandava all'occhio molta più luce di una, appartenente ad un altro "Mondrian", percepita come bianca; l'occhio, pertanto, è in grado di identificare diversi valori di luminosità indipendentemente dall'energia radiante che riceve; in base a ciò, ipotizzò che la riflettanza relativa, dipendente anche dal contorno degli oggetti avesse importanza cruciale nel processo di visione.

I collages Mondrian (fig. 2) vennero illuminati da tre proiettori che emettevano luci di diversa lunghezza d'onda; un telefotometro (a destra sul treppiede) misurava le lunghezze d'onda riflesse nell'occhio da una data tinta presente nel quadro: ad esempio, aggiustando l'illuminazione in modo tale che un'area bianca riflettesse tre lunghezze d'onda identiche a quelle emesse da un'area verde di un altro Mondrian, il bianco continuava ad essere percepito come bianco ed il verde come verde. In questo modo dimostrò che il colore percepito non dipende dalla lunghezza d'onda riflessa dalla tinta presente nel quadro. Questo ed altri esperimenti gli confermarono l'idea che la percezione delle tinte non dipendesse dalle lunghezze d'onda da queste emesse, ma da una sorta di valutazione automatica fra la quantità di luce di un dato colore riflessa dall'oggetto, in rapporto alle quantità riflesse dalle superfici vicine; l'analisi, a suo avviso sarebbe compiuta in una qualche zona del cervello situata fra la retina e la corteccia. Nel 1986 Land formulò la teoria, definita Retinex, che ha trovato parziale conferma negli studi successivi.

E. Land iniziò con lo studio sistematico dei processi di costanza percettiva del colore in differenti contesti di illuminazione e dei molteplici strani casi di non rispondenza tra variazioni di luce e invarianza percettiva, considerati fino ad allora illusioni cromatiche, proprio in quanto non erano inquadrabili nell'ambito della suddetta teoria della percezione del colore. Ad esempio, un quadratino grigio in campo rosso viene percepito come azzurro chiaro, mentre in campo giallo viene percepito come verde. Analizzando tali fenomeni, ritenuti come trascurabili eccezioni in relazione alle concezioni ormai acquisite e sperimentate, E. Land fece nuove

osservazioni; ad esempio, descrisse come un panno rosso visto ad una certa distanza attraverso un filtro gelatinoso rosso, appare di un bianco spento.

Allora Land pensó che uno stesso colorante chimico poteva stimolare la formazione cerebrale di vari colori a seconda delle condizioni di illuminazione realizzate mediante filtri e ritenne che cioé avrebbe condotto ad una notevole semplificazione e conseguente diminuzione di costi della produzione fotografica.

Il primo esperimento realizzato da Land fu quello di fotografare con diapositive in bianco e nero oggetti di diversi colori ripresi da due angolature differenti con l'accorgimento di utilizzarne davanti all'otturatore della macchina fotografica prima un filtro rosso e per la seconda diapositiva un filtro verde. Poi riproiettó con la stessa angolatura le due diapositive, scambiando la posizione dei filtri colorati, rispetto a quella della ripresa fotografica, ponendoli questa volta di fronte ai due proiettori. Nell'esperimento Land notó che, benché le diapositive fossero riprese in bianco e nero, oggetti di diversi colori ripresi da due due angolature differenti con l'accorgimento di utilizzare davanti all'otturatore della macchina fotografica prima un filtro rosso e per la seconda diapositiva un filtro verde.

Nell'esperimento Land notò che benchè le diapositive fossero riprese in bianco e nero, il risultato della proiezione incrociata (la diapositiva ripresa con un filtro rosso veniva riproiettata attraverso il filtro verde e viceversa) fu sorprendentemente quello della riproduzione di tutti i colori della scena originale. Land capì che é il cervello e non l'occhio quello che vede i colori e suppose che la corteccia visiva operi un confronto di valori di intensità e di frequenza, analizzati dall'occhio al fine di determinare la categoria mentale del colore che vediamo quale significazione prescelta dal cervello.

Land chiamó RETINEX (combinazione di retinal e cortex) la sua innovativa teoria sulla formazione cerebrale del colore, proprio per indicare che informazioni sulle condizioni di illuminazione di frequenza, recepite dalla retina, vengono elaborate e significate come confronto tra varie aree della corteccia cerebrale e poi integrate in una unida percezione visiva colorata.

Possiamo precisare che il sistema che determina la visione agisce per confronto, infatti i neuroni delle varie zone cerebrali interpretano differenze relative di segnali sulla base di azioni di attivazione ed inibizione della attività sinaptica dei neuroni.

Ad esempio, lo schermo di un televisore in bianco e nero spento é grigio, mentre quando lo accendiamo, in contrasto con zone illuminate vediamo zone di un nero intenso: ciò accade poiché il televisore é progettato per rendere luminose solo alcune zone dello schermo; le zone non illuminate divengono quindi scure alla nostra vista per relativo contrasto prodotto dal cervello. Ciò significa che l'intelletto non risponde come un automa alle variazioni di illuminazione esterna, ma le interpreta secondo capacità di percezione interiori, quelle stesse che esercitiamo anche in sogno, ad occhi chiusi, nel buio della notte.

Land, pur cercando di proporre una teorizzazione alternativa alla teoria tricromatica [4], dovette riconoscere che risultava impossibile definire compiutamente il funzionamento del nostro sistema percettivo; riuscì comunque in pratica ad utilizzare un solo colorante e due filtri per semplificare le tecniche di sviluppo fotografico tipo Polaroid.

Oggigiorno le teorie neurofisiologiche della percezione del colore sono quindi ancora nella fase di ricerca di nuove ipotesi per definire modelli scientifici più adeguati alle nuove conoscenze sul funzionamento cerebrale.

Vari autori, osservando mediante la risonanza magnetica l'aumentare del gradiente di irrorazione sanguigna dell'area che si interpone tra la sezione temporale e la sezione occipitale del cervello umano al comparire di segnali luminosi cromatici, hanno ritenuto che il colore venga definito entro quella ristretta zona, là dove gli impulsi di attivazione ed inibizione trasmessi nelle corrispondenti zone parallele dei due emisferi cerebrali determinano l'apertura o la chiusura dei canali proteici delle sinapsi, permettendo l'ingresso dei trasmettitori entro le cellule neuronali.

In sostanza si suppone che quella zona di interfaccia tra l'area occipitale e quella temporale sia ulteriormente specializzata in quattro sezioni, due per ciascun emisfero, nelle quali avviene quanto segue: nel caso in cui tutte le quattro sezioni risultino attivate, la percezione risultante è quella della luce bianca; se viceversa i canali proteici di tutte le suddette zone sono mediamente disattivati e pertanto chiusi, si ha la percezione del buio e conseguentemente del colore nero.

In casi in cui si vedono differenti colori, le suddette sezioni vengono parzialmente attivate o inibite da stimoli cromatici provenienti dall'analisi effettuata sulle frequenze dai coni della retina; in tal caso i rapporti di attivazione/inibizione neuronale generano una risposta per la determinazione dei colori che risulta essere in corrispondenza alle coppie di colori complementari rosso-verde e giallo-blu.

Certamente tale ipotesi è ancora una volta un'ipotesi semplificata rispetto alla complessità del problema.

Il nodo del problema risiede nel fatto che non è facile comprendere l'effettivo ruolo della attività genetica nel determinare la composizione e definizione dei colori. Comunque è stato confermato che si ha acromatopsia totale se si danneggia l'irrorazione sanguigna delle aree cerebrali individuate con le tecniche di risonanza magnetica e pertanto tali zone, che lavorano in parallelo nei due emisferi cerebrali, sono riconosciute essere fortemente attive nella determinazione dei colori; sappiamo però che il senso cromatico dipende anche da numerose altre aree cerebrali ivi comprese quelle del linguaggio, responsabili della associazione tra colori e nomi, che vengono anch'esse integrate nella definizione del colore, come di quelle subcorticali talamiche che associano percezione dei colori e sensazioni emotive.

2.5. L' interazione del colore, Josef Albers

Nella percezione visiva un colore non viene quasi mai visto come è nella sua realtà fisica. Questo fa sì che il colore sia il mezzo più relativo in campo artistico.

Per poter usare il colore efficacemente, è necessario sapere che esso inganna di continuo.

Allo scopo di dimostrare ciò, il punto di partenza non è uno studio dei sistemi cromatici, per prima cosa si dovrebbe imparare che uno stesso colore produce innumerevoli possibilità percettive. Invece di applicare meccanicamente o semplicemente dare per scontate leggi e regole sull' armonia del colore, vengono quindi prodotti diversi effetti di colore, attraverso il riconoscimento dell' interazione del colore, facendo in modo che per esempio due colori molto diversi sembrino uguali fra loro o quasi uguali.

Lo scopo di uno studio come questo è sviluppare, attraverso l' esperienza e gli errori, l' occhio per il colore. In particolare ciò significa sia saper vedere l' azione del colore sia sentire la relazione reciproca fra i colori.

Proprio come la conoscenza dell' acustica non può dare ad una persona l' attitudine per la musica, nè in senso produttivo nè dal lato della sensibilità, così nessun sistema cromatico può sviluppare di per se stesso la sensibilità al colore.

Allo stesso modo bisogna riconoscere che nessuna teoria della composizione porta di per se a produrre musica o arte.

Le prove pratiche dimostrano attraverso gli effetti illusori prodotti dal colore la sua relatività ed instabilità, inoltre l' esperienza insegna che nel campo della percezione visiva esiste una discrepanza tra fatto fisico ed effetto psichico.

Se si dice 'rosso' (il nome di un colore) e ci sono cinquanta persone che ascoltano, ci si può tranquillamente aspettare che abbiano in mente cinquanta tipi di rosso e si può essere sicuri che tutti questi rossi saranno diversi e, anche quando un determinato colore è quello che sicuramente tutti hanno visto innumerevoli volte, essi continueranno a pensare a molti rossi diversi l' uno dall' altro.

Inoltre se prendiamo in considerazione le associazioni e le reazioni sperimentate in rapporto al colore e al nome, probabilmente tutte saranno molto diverse tra loro per molti aspetti.

Cosa mette in evidenza tutto questo?

Innanzitutto che è difficile se non impossibile ricordare distintamente i colori: questo sottolinea il fatto importante che la memoria visiva è molto limitata se la confrontiamo a quella uditiva, spesso infatti si può facilmente ripetere una melodia ascoltata solo poche volte, e in secondo luogo che la nomenclatura del colore è davvero inadeguata, benchè infatti i colori siano innumerevoli, così come le loro sfumature e tonalità, nel vocabolario corrente vengono usati solo una trentina di nomi di colori. Si è dimostrata l'erroneità del concetto per cui si afferma che più la forma di una lettera è semplice, più semplice è la sua lettura dal momento che

durante la lettura noi non leggiamo lettere ma parole, parole come 'unità', 'parole-immagini'.

Lo si è scoperto in psicologia, in particolar modo nella psicologia della Gestalt. L' oftalmologia ha inoltre rivelato che più le lettere sono diverse le une dalle altre, più semplice è la loro lettura. Senza addentrarci in confronti e dettagli, dovrebbe essere chiaro che le parole composte solo con caratteri maiuscoli sono le più difficili da leggere a causa della loro altezza uguale, dell' uguale spessore e per la maggior parte per l' uguale larghezza. Confrontando caratteri con grazie e caratteri senza, ne risulta che questi ultimi sono di più difficile lettura.

Questo dimostra che una lettura chiara dipende dal contesto.

Nelle composizioni musicali, se noi ascoltiamo solo note non udiamo musica: l' ascolto della musica si basa sul riconoscimento dell' intervallo fra le note, della loro disposizione e della loro spaziatura. Nella scrittura conoscere l' ortografia non ha niente a che fare con la comprensione della poesia. Allo stesso modo una precisa identificazione dei colori all' interno di un determinato dipinto non ha nulla a che fare con la sensibilità visiva e nemmeno con la comprensione dell' azione del colore all' interno del dipinto...Tutti noi siamo in grado di udire un suono isolato, al contrario, quasi mai (cioè senza particolari accorgimenti) possiamo vedere un colore solo, isolato e non in relazione con altri colori. I colori si presentano in un flusso continuo, costantemente in rapporto con quelli vicini in condizioni variabili.

Di conseguenza, rispetto alla lettura del colore, questo prova la validità di quello che spesso Kandinsky esigeva per la comprensione dell' arte: ciò che conta non è il 'cosa' ma il 'come'.

2.1 Pubblicate per la prima volta negli Stati Uniti nel 1971, le famose lezioni sul colore di uno dei maggiori artisti del XX secolo costituiscono ancora oggi un eccezionale strumento di lavoro per insegnanti e studenti. Il loro scopo è sviluppare l'occhio e la sensibilità per il colore, stimolando e promuovendo un incremento della capacità d'osservazione. Il metodo di Albers è assolutamente rivoluzionario. Non si fonda su una teoria del colore statica e universale, ma sulla percezione diretta e sull'esperienza, che dimostrano gli effetti illusori dati dai colori, la loro relatività e instabilità. Il libro contiene prove ed esercitazioni pazientemente spiegate e illustrate: non tanto per fornire una risposta specifica, quanto per suggerire un metodo di studio accurato e creativo.

2.6. Contrasto simultaneo e successivo

I colori cambiano di aspetto anche in funzione dei colori che li circondano. Tali colori vengono definiti colori circostanti. L'artista non è in grado di riconoscere l'impressione reale di un colore, se lo osserva quando fuoriesce dal tubetto oppure una volta applicato sulla sua tavolozza. L'aspetto vero e proprio di un colore risulta soltanto quando viene esso applicato nella posizione desiderata, soggetto all'influsso dei colori circostanti. Fra le caratteristiche del meccanismo delle sensazioni

provocate sull'organo visivo vi è una sorta di intensificazione del contrasto, che ha lo scopo di intensificare e rendere più chiare le differenze di colore a livello sensoriale. Ne consegue, per esempio, che un artista deve utilizzare due colori diversi, se vuole che questi appaiano identici in due punti distinti con colori circostanti differenti. Si può anche verificare il caso contrario, in cui l'artista deve utilizzare lo stesso colore al fine di ottenere due colori diversi in due punti con diversi colori circostanti.

Quando l'aspetto di un colore viene influenzato dai colori circostanti, tale fenomeno viene definito "contrasto simultaneo". Le tre righe colorate orizzontali contenute nella figura sono dello stesso colore. Attraverso i diversi colori circostanti viene modificata la sensazione del colore di colui che li osserva. Ciò è facilmente verificabile coprendo con una striscia di carta la linea verticale centrale che divide a metà la figura. Anzi è sufficiente tenere ferme in posizione davanti allo schermo una matita o delle forbici in modo da coprire le linee centrali che dividono verticalmente la figura.

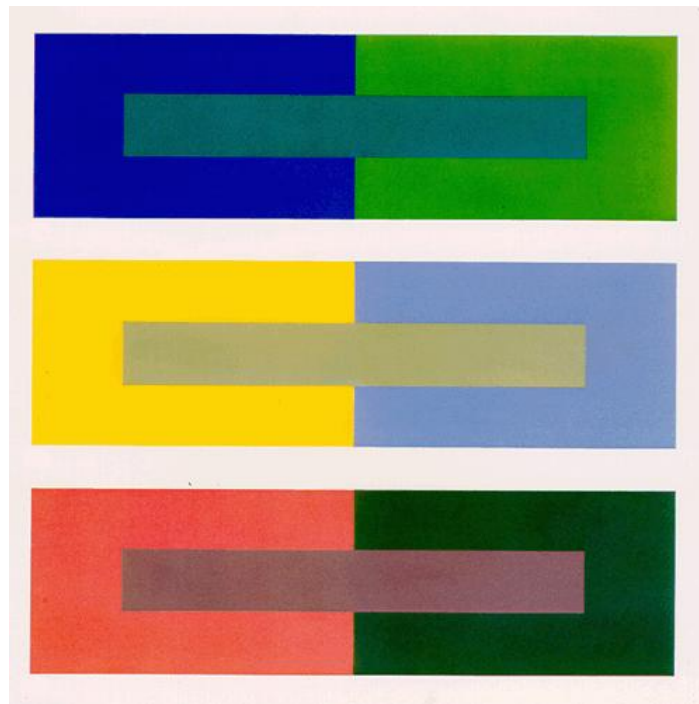


Figura 2-2 Contrasto Simultaneo

Il contrasto successivo si ha invece quando guardando a lungo un colore e poi osservandone un altro o un foglio bianco: si vede comparire il colore complementare a quello prima osservato; si parla in questo caso di adattamento cromatico, per cui il marrone può sembrare rossastro, dopo aver guardato a lungo un prato verde. Alcuni di questi fenomeni si possono spiegare, ammettendo che si abbia un cambiamento della sensibilità dei recettori dell'occhio ai diversi colori a causa dell'affaticamento dei recettori specifici. Un'interpretazione soddisfacente

del fenomeno è quella fornita da Ewald Hering nel 1878; secondo il fisiologo tedesco la visione del colore coinvolge tre meccanismi, ciascuno dei quali lavora attraverso coppie opposti: buio/luce (nero/bianco), rosso/verde, blu/giallo. L'ipotesi di Hering è stata confermata dagli studi di neurofisiologia.

3 RICERCHE SUL COLORE PERCEPITO RISPETTO AL COLORE INTRINSECO

3.1. Karin Friedell Anter

Di che colore è la casa rossa?

Il colore percepito sulle facciate differisce anche notevolmente da quello scelto utilizzando campioni colore. Lo scopo di questo lavoro, oggetto di una tesi e di una pubblicazione già recensita su Colore, è assistere il design del colore.

Il lavoro della tesi ha inizio da un'esperienza condivisa da molti architetti e da coloro che hanno scelto i colori delle facciate: la casa non è del colore che pensavo dovesse essere! I colori per le facciate dipinte vengono spesso scelti con l'ausilio di campioni colore, selezionati e combinati per avere una base per l'acquisto di materiali e per il lavoro di pittura. Ma una volta che la facciata è stata dipinta avviene spesso che i suoi colori non abbiano lo stesso aspetto dei campioni. I designer professionisti del colore e coloro che operano regolarmente con i colori per esterni si accorgono presto delle difficoltà e per tentativi riescono gradualmente a trovare un modo per controllarle. Le persone che scelgono raramente i colori per le case corrono il grosso rischio di avere sorprese spiacevoli, in quanto non possono prevedere la differenza tra il colore del campione e il colore della casa quando questa sarà stata dipinta.

C'è anche un'altra esperienza connessa, ossia che il colore di una facciata non è costante, ma cambia insieme alla situazione di osservazione, la distanza, il tempo e la stagione. Sulla base di queste esperienze questa tesi tratta dei seguenti principali problemi:

- È possibile esaminare e tracciare un piano dei colori che le persone percepiscono sulle facciate osservati in diverse condizioni? Se sì, quali metodi possono essere utilizzati e fino a che punto è possibile ottenere risultati di un'applicazione più vasta?
- Come varia il colore percepito di una facciata con il modificarsi delle condizioni di osservazione? Qual è l'impatto di fattori come le condizioni della luce, la distanza di osservazione e i colori circostanti?
- Come il colore della casa che viene percepito differisce, in diverse situazioni, dal colore che corrisponde alle specifiche del campione impiegato per la selezione? Esistono delle tendenze ricorrenti o forse anche modelli di variazione coerenti che possono essere presentati in una maniera praticamente utile?

Avendo come punto di partenza queste domande, ho condotto una vasta indagine esplorativa dei colori delle facciate dipinte osservate alla luce del giorno. Non avevo un'ipotesi iniziale che desideravo confermare, ho invece iniziato dalla complessità del problema e ho cercato di illustrarlo attraverso il confronto di cinque particolari indagini su diversi aspetti. I risultati di queste cinque indagini hanno condotto a un primo tentativo di sistematizzazione e generalizzazione. Ho anche trattato di possibili spiegazioni per i modelli di variazione ricorrenti che erano evidenti nello studio. La tesi si propone come primo passo per chiarire quelle domande che servono per una migliore comprensione del design cromatico per esterni, come discussione per ulteriori direzioni per la ricerca e, da ultimo, ma non da meno, come formulazione di nuove e più accurate domande.

Concetti base e definizioni

I principali concetti e la terminologia di questa tesi sono correlati al sistema NCS, Natural Color System. Il termine 'colore' sta dunque qui per 'percepto del colore' (colore come oggetto percepito), il che significa che colore è ciò che è visto come colore. Il colore di uno specifico oggetto colorato -ad esempio una facciata- non è una qualità costante che appartiene all'oggetto, bensì qualcosa che varia a seconda della specifica situazione di osservazione. Nella lingua di tutti i giorni ci sono anche altri significati della parola 'colore' (in svedese fàrg non è utilizzato solo nel senso di colore, ma anche come pittura e tinta) e per evitare malintesi ho spesso utilizzato il concetto di 'colore percepito' come sinonimo di colore nel significato di percepto di colore.

Il colore di un oggetto varia con la situazione di osservazione e a rigor di termini non vi è alcun colore reale che l'oggetto possieda 'veramente'. Per essere in grado di descrivere come il colore percepito varia tra diverse situazioni è comunque necessario un punto di riferimento fisso tra tutti i possibili colori che l'oggetto può assumere. Per definire un tale punto di riferimento utilizzo il concetto di 'colore intrinseco'.

In questa tesi il concetto di colore intrinseco viene definito come il colore che l'oggetto colorato avrebbe se fosse osservato in condizioni di osservazione standardizzate che sono un presupposto affinché i campioni colore NCS possano coincidere con le loro specifiche. Ma l'osservazione delle facciate in queste condizioni è praticamente impossibile. Semplicemente non si può porre la casa in una cabina illuminata! Dunque la definizione è stata integrata con un metodo di determinazione operativo, nel quale il colore intrinseco viene determinato attraverso il confronto visivo con il campione colore NCS posto direttamente verso la superficie della facciata.

Sulla percezione del colore

Esiste un malinteso persistente che presume delle relazioni semplici tra, da una parte, l'energia di radiazione fisica che raggiunge il nostro occhio e, dall'altra, i colori che percepiamo. Nella psicologia della percezione la percezione di un oggetto o di una situazione, viene spesso descritta come formata da molte sensazioni elementari. La verità è comunque molto più complessa.

Concordo con lo psicologo J.J. Gibson, che afferma che la percezione, la totalità, sia primaria e che le sensazioni siano esperienze artificiali che si verificano solo in speciali condizioni in laboratori fisiologici e psicologici. Condivido anche l'opinione di Gibson per la quale non è la composizione assoluta della lunghezza d'onda e/o l'intensità della radiazione che comunica l'informazione, ma piuttosto le relazioni nella composizione e intensità della lunghezza d'onda tra differenti fasci di raggi, la natura dei confini tra questi fasci di raggi e la trasformazione nel corso del tempo del modello che essi formano. Il nostro senso visivo reagisce ai contrasti.

Il colore percepito è anche influenzato dalle intenzioni, riferimenti, conoscenza e aspettative dell'osservatore. Ciò significa che può darsi che due persone possano effettivamente vedere diversi colori, anche nel caso in cui le circostanze esterne siano identiche. Implica anche che una

persona possa vedere colori alternativi cambiando la sua posizione d'osservazione.

Dunque in una situazione prestabilita, con luce, distanza e altri fattori esterni costanti, non c'è 'nessun' colore percepito, ma un'area di colore entro la quale il colore percepito può variare.

Indagine sul colore percepito nelle facciate

Una parte importante del lavoro della tesi era sviluppare e valutare i metodi per scoprire quale colore viene percepito dalle persone su una specifica facciata in una situazione specifica. Gli oggetti di osservazione erano 125 facciate in legno dipinto nei dintorni di Upsala nella Svezia centrale. Le case sono state osservate approssimativamente ad angoli retti verso la facciata, molto spesso da una distanza di circa 50 metri.

Le determinazioni del colore sono state effettuate sia da osservatori esperti del colore sia da gruppi di osservatori inesperti, e numerose facciate sono state oggetto di ripetute osservazioni in diverse condizioni.

Si sono testati sei metodi psicometrici, compresa la descrizione scritta del colore e il confronto con i campioni dell'atlante NCS. Nessuno dei metodi preso singolarmente ha portato a risultati attendibili per tutte le aree di colore osservate e per tutte le domande poste, pertanto questi risultati sono stati considerati nella loro totalità per fornire una comprensione più completa. Le osservazioni hanno evidenziato delle differenze sistematiche tra le valutazioni del colore dei singoli osservatori, ma queste differenze erano così piccole da non poter essere determinate attraverso i metodi disponibili e in tal modo si poteva presumere che non avrebbero influenzato il risultato dell'analisi statistica.

Sono stati effettuati cinque particolari studi per esaminare la variazione del colore della facciata in condizioni di osservazione esterna. Come proposto da precedenti ricerche, tre di questi studi riguardavano la situazione della luce, la distanza di osservazione e i colori circostanti nel campo visivo. Gli studi hanno mostrato che tutti questi fattori possono causare variazioni nel colore percepito della facciata. Le variazioni tra situazioni differenti erano comunque di lieve entità se paragonate alla differenza tra colore intrinseco e colore percepito della stessa facciata. Ho pertanto proposto che si possa affermare che ogni facciata abbia un 'colore percepito approssimativo' che sicuramente può variare a seconda dell'osservatore, della situazione luminosa, della distanza di osservazione e dei colori stagionali circostanti, ma nel quale l'area di variazione rientra nei limiti di esattezza dei metodi di determinazione.

Comunque ciò è stato dimostrato esclusivamente nelle seguenti circostanze: facciate con rivestimento in legno dipinto senza dirette vicinanze adiacenti di colori diversi, luce che può essere definita completa luce diurna e distanza di osservazione fino a un paio di centinaia di metri. Uno degli studi particolari comprendeva le facciate rinzaffate (con una prima mano di intonaco) e i risultati di questo studio indicano che le mie considerazioni e conclusioni in merito al colore percepito su facciate in legno pitturato sarebbero valide anche per facciate di altri materiali pitturate con una prima mano di intonaco. In seguito a dibattiti in conferenze internazionali, ho anche ragione di credere che i risultati

ottenuti sono validi, per lo meno in linea di massima, persino in situazioni che differiscano drasticamente da quelle esaminate in merito alle condizioni di luce, colori circostanti, tradizione edilizia e riferimenti culturali dell'osservatore.

Luce, distanza di osservazione, colori circostanti e il loro impatto sul colore percepito della facciata

Ogni qualvolta osserviamo una casa, il colore percepito della sua facciata viene influenzato da un numero di fattori che mutano continuamente. Il colore che vediamo sulla facciata dipende dalle qualità della superficie, dalle situazioni di osservazione e da fattori che si trovano dentro di noi. Questi fattori interagiscono in maniera complessa e in ogni singolo caso è virtualmente impossibile comprendere interamente cosa ci fa percepire il colore specifico che vediamo.

Il lavoro di questa tesi comprende all'incirca 3.600 osservazioni, il che ha reso possibile raggruppare le informazioni secondo i fattori influenti e di analizzare un fattore alla volta, in quanto ciascuna di queste analisi non tiene conto delle variazioni di altri fattori che influiscono. Nello studio speciale sulla luce e sul colore percepito delle facciate tutte le osservazioni sono state divise in quattro categorie per quanto riguarda la situazione della luce. Due di queste comprendevano osservazioni effettuate nella luce solare diretta o con un angolo intero oppure obliquo alla facciata. La terza categoria di luce era per osservazioni effettuate con luce diffusa per un cielo nuvoloso, nebbioso o completamente coperto, e la quarta categoria era per facciate ombreggiate e pertanto illuminate solamente dalla luce di un cielo blu o principalmente blu.

I raffronti tra le facciate osservate nelle diverse situazioni di illuminazione hanno indicato una differenza coerente tra, da una parte, la luce del sole diretta (angolo piatto o obliquo) e, dall'altra, la luce diffusa di un cielo coperto o blu. La luce diffusa di un cielo coperto o blu ha dato una maggiore nerezza percepita e una minore bianchezza percepita rispetto alla luce diretta del sole. Si è registrata anche una tendenza da parte della luce diffusa di un cielo coperto o blu a dare minore giallezza e/o maggiore azzurrità, che si potevano manifestare sia nella tonalità che nella cromaticità.

Lo studio speciale sulla distanza di osservazione ha incluso osservazioni da circa 4 metri e 50 metri e distanze maggiori fino a 1.300 metri. I risultati sono stati dubbi a causa dello scarso numero di osservazioni, ma ci sono state indicazioni di alcune tendenze coerenti che erano sostenute dalle poche precedenti ricerche in questo ambito. Un aumento della distanza da 4 a 50 metri non ha evidenziato alcuna differenza diffusa nel colore percepito della facciata. Per alcune aree di colore si è comunque verificata una tendenza per il colore percepito ad avvicinarsi al colore intrinseco quando vi era una distanza di soli 4 metri. Si sono potute individuare tendenze ben distinte di differenze nel colore, dipendenti dalla distanza, solo quando la distanza andava oltre i 600 metri. È sembrato che le case rosa, rosse e verdi avessero uno spostamento di tonalità dal giallo verso il blu con l'aumentare della distanza. La bianchezza è sembrata crescere

con l'aumentare della distanza per molte aree di colore e la cromaticità sembrava diminuire perlomeno per le case blu e verdi.

Nello studio speciale sui colori circostanti le osservazioni sono state divise secondo i colori stagionali della terra e della vegetazione. Le categorie impiegate sono state: marrone invernale, verde primaverile, verde estivo, verde autunnale e bianco invernale. L'analisi non ha evidenziato differenze sistematiche tra i colori delle facciate percepiti nelle diverse situazioni stagionali, con e senza vegetazione lussureggiante o neve che copriva sia la terra che la flora. Questo ha condotto alla conclusione sperimentale che anche se i colori stagionali circostanti possono influenzare il tipo di colori che percepiamo sulle facciate, le differenze possibili sono così piccole da non poter essere evidenziate con i metodi di rilevamento utilizzati.

Conclusioni

Il paragone tra i 'colori approssimativamente percepiti' e i colori intrinseci delle facciate osservate hanno messo in rilievo modelli di variazione coerenti per quanto riguarda le differenze sia nella tonalità che nella gradazione. La tendenza più coerente ed evidente è stata che il colore della facciata percepita aveva sempre minore nerezza rispetto al colore intrinseco. Il diminuire della nerezza era in relazione con l'aumentare della bianchezza e/o cromaticità. Sembra che i colori intrinseci con molta bianchezza abbiano dato colori percepiti persino con maggior bianchezza e cromaticità invariata. Quando il colore intrinseco ha solo un po' di bianchezza era, invece, la cromaticità che aumentava maggiormente, mentre la bianchezza del colore intrinseco e di quello percepito rimaneva all'incirca la medesima. Anche le differenze di tonalità tra il colore intrinseco e il colore percepito hanno mostrato una variazione coerente. Utilizzando il cerchio del colore NCS le tendenze ricorrenti possono essere descritte nella maniera seguente:

-I colori intrinseci nell'ottante giallo-rossastro, nel quadrante verde-giallo, nel quadrante blu-verde, hanno teso a dare i colori percepiti che si spostavano in senso antiorario nel cerchio, mirando a un punto di rottura nel quale il colore intrinseco e il colore percepito sembravano coincidere, vicino alla tonalità del colore elementare blu.

-I colori intrinseci nell'ottante rosso-giallastro e molti dei colori del quadrante rosso-blu tendevano invece a spostarsi in senso orario puntando verso lo stesso punto di rottura.

- Il punto di rottura tra i colori giallo-rossastri, che si erano mossi in senso antiorario, e i colori rosso-giallastri, che si erano mossi in senso orario, non è stato identificato a causa di osservazioni non sufficienti in questa area. È sembrato trovarsi in un punto tra la tonalità Y35R e Y60R.

-I colori intrinseci grigi neutri tendevano a ottenere una cromaticità aggiunta e tonalità vicina al blu.

- Gran parte delle osservazioni implicava che esistesse un punto di rottura comune a tutti gli spostamenti tra le tonalità B e R70B. Per i colori intrinseci blu con solo poca bianchezza, alcune delle osservazioni hanno invece indicato un punto di rottura con una tonalità di un blu-verdastro.

Lo scopo del mio lavoro è stato principalmente esaminare e descrivere piuttosto che spiegare le differenze tra il colore intrinseco e quello

percepito sulle facciate. Ho comunque incluso delle ipotesi di possibili spiegazioni per i modelli di variazioni coerenti riscontrati. Reputo che non ci sia una spiegazione, ma un numero di spiegazioni che interagiscono e che possono avere una diversa importanza relativa in ogni caso individuale. È probabile che le differenze tra il colore intrinseco della facciata e quello percepito per quanto riguarda la gradazione e la tonalità possano essere spiegate parzialmente con la differenza tra la luce esterna e la luce standard nella quale i colori intrinseci vengono definiti. Sia la composizione dell'energia che l'intensità risultano importanti e interagiscono in un modo che è ancora in gran misura inesplorato. Anche il contrasto simultaneo tra i campioni e il loro sfondo di carta bianco nella situazione standard può perlomeno spiegare parte della differenza di gradazione tra il colore intrinseco della facciata e quello percepito. Le differenze di tonalità riscontrate possono essere spiegate, almeno parzialmente, con gli effetti del contesto. L'ipotesi del contrasto successivo acquisito fornisce qui una spiegazione possibile. Significa che noi adattiamo o calibriamo la nostra visione per trascurare la giallezza che esiste in quasi tutti i colori intrinseci nell'ambiente esterno; quando ci imbattiamo in superfici oppure oggetti che sono privi di questa giallezza, li percepiamo con una azzurrità aggiunta. Infine considero la percezione dei colori della facciata come in parte dipendente dalla cultura. Sappiamo che aspetto hanno solitamente le case e tendiamo a notare ed esagerare le differenze a partire da questo riferimento acquisito.

[Fridell Anter Karin (2002), "Di che colore è la casa rossa?", *Colore*, Milano, Ikon Editrice srl, n°38, Aprile/Giugno, pag. 29-34]

3.2. Anders Hard e Thomas Hard

Secondo il concetto NCS, ogni colore percepito può essere definito dalla sua somiglianza ai sei colori elementari: bianco, nero, giallo, rosso, blu e verde. "Questi sono i soli in cui non si percepiscono altri colori in osservazione diretta".

Il concetto trova la sua origine nella analisi fenomenologica di Ewald Hering del tardo 19° secolo, sulla quale egli basava la sua *Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn* o Profilo di una teoria del senso della luce nella traduzione di Hurvich e Jameson del 1964. Il rapporto fra tutti i colori percepiti -del modo di apparire in superficie - secondo il concetto NCS, è graficamente illustrato da uno spazio colore tridimensionale in cui ogni colore percepito viene rappresentato da un unico punto.

Per maggiore chiarezza, lo Spazio Colore NCS viene spesso diviso in due proiezioni: il Cerchio del Colore per la specificazione della tinta (hue), e il Triangolo del Colore per le sfumature (nuance) di una certa tinta. In un progetto di ricerca condotto presso la Fondazione Centro Svedese del Colore tra il 1962 e il 1972, sono stati eseguiti numerosi esperimenti psicometrici che hanno dimostrato che gli osservatori erano in grado, per ogni colore percepito, di dare un valore, tra 0 e 100, al grado di somiglianza con la propria immagine mentale dei sei colori puri -chiamati i

colori elementari- senza nessun supporto di campioni colore di riferimento. Una specifico colore percepito è composta da quattro di queste somiglianze fino a una somma di 100.

Colore percepito = 100;

$s+w+(y \text{ o } b)+(r \text{ o } g) = 100$;

s=nerezza (=grado di somiglianza al Nero);

w=bianchezza; y=giallezza; r=rossezza;

b=bluezza; g=verdezza.

Questi sono i componenti colore qualità NCS di una percezione di colore. Il valore numerico attribuito alla cromaticità è derivato dalla somma delle componenti cromatiche e quello della tinta dalle relazione tra due componenti cromatiche.

Una notazione colore NCS da la nuance (s;c) con un valore di due cifre per la nerezza (s) e per la cromaticità (e) e la tonalità (λ) con un valore di due cifre circondato da due lettere per i componenticromatici.

Notazione NCS (sc- λ) 10 60-Y90R.

Con l'esperienza di questi esperimenti di gradazione, il progetto di ricerca NCS è continuato per permettere di stabilire la correlazione psicofisica tra le gradazioni psicometriche NCS e le corrispondenti gradazioni fisiche nel sistema CIE. Il risultato di questo lavoro è l'Atlante dei Colori (Atlas) NCS con più di 1500 campioni colore notati.

Dal momento che le misure psicometriche dei colori percepiti secondo il metodo NCS non necessitano di campioni colore di riferimento con cui essere confrontati, il metodo NCS ci offre una valida possibilità per fare un'analisi colore di come vengono percepiti gli oggetti colorati sotto varie condizioni, di illuminazione, distanze di osservazione e così via. Tale informazione è di grande importanza per un miglior utilizzo del colore nel design ambientale.

Di seguito daremo alcuni esempi dei risultati emersi da studi pilota di questo tipo.

a) Un numero di osservatori non esperti ha studiato come il colore degli alberi frondosi cambia con l'aumento della distanza di osservazione dal colore intrinseco della foglia fino agli alberi visti a 20 km di distanza. Le osservazioni sono iniziate dalla valutazione del colore dell'albero a 20km e poi a distanze sempre più ridotte, a 10, 5, 2,1 km, 100 metri, e infine determinando il colore intrinseco per confronto diretto con campioni colore NCS.

Dal verde giallastro piuttosto intenso della foglia, il colore degli alberi frondosi diventa sempre più nerastro e meno cromatico al crescere della distanza e la tinta cambia per diventare un verde sempre più bluastrò. A una distanza di circa 2 km il colore comincia a diventare più biancastro e alla fine l'albero frondoso appare grigiastro e con una tinta che è blu-rossastra. Questi cambiamenti possono essere illustrati anche dai campioni colore NCS più vicini guardati con le condizioni standard di osservazione.

b) Un altro studio pilota dello stesso tipo è stato eseguito in connessione con lo sviluppo dei colori più appropriati per i fogli di alluminio rivestiti di serpentina per il rivestimento di facciate. Empiricamente era risaputo che il

colore della facciata di una casa spesso appariva più chiaro e brillante del colore intrinseco o locale visto alla tavola da disegno dell'architetto, probabilmente dovuto al formato del campione, alla forte illuminazione degli esterni, a quanto fosse opaca la superficie e ai colori dell'ambiente circostante. In questo studio sperimentale i fogli di alluminio colorati erano di circa due metri quadrati e mezzo. Uno alla volta essi sono stati messi fuori davanti agli alberi di un giardino con una casa di mattoni sullo sfondo e guardati da 80 metri di distanza sotto l'illuminazione diffusa di un cielo leggermente coperto. Tre osservatori esperti hanno valutato il colore percepito con il metodo assoluto NCS. Dopodichè il colore intrinseco è stato determinato dal confronto diretto con campioni colore NCS. Il risultato di questo studio ha dimostrato che il colore percepito dei fogli visti all'esterno era molto meno nerastro e spesso anche più cromatico di quanto dicesse il colore intrinseco. Senza alcuna singola eccezione questo si è riscontrato in tutti e 52 i fogli studiati.

Gli oggetti colorati di giallo diminuiscono in nerezza e diventano più chiari nell'illuminazione esterna. Per elementi principalmente in tinta rossa si è riscontrata la stessa tendenza. Tuttavia, per gli oggetti più scuri e più intensi i colori diventavano sia meno nerastri che più cromatici. Per fogli colorati in una tinta blu abbiamo riscontrato che tutti questi diventavano sia meno nerastri che più cromatici di quanto ci si sarebbe potuti aspettare dai campioni intrinseci "da cartella colore". Questo conferma anche la conoscenza empirica degli architetti, e di altri, che le case blu spesso appaiono così brillanti da sembrare quasi fluorescenti.

Per oggetti in tinta verde abbiamo riscontrato la stessa tendenza a essere meno nerastri e più chiari delle altre tinte. I colori più cromatici diventavano anch'essi più cromatici nella situazione in esterno, in confronto al colore locale. La conclusione di questo esperimento è stata che se il designer vuole che una casa abbia l'aspetto colore di quello di un campione in una piccola cartella colori dovrà scegliere un materiale colorato per la casa che sia tra le 10 e le 20 unità NCS più nerastro e spesso da 5 a 15 unità meno cromatico di quello che vorrebbe risultasse. In questo caso specifico l'interesse principale era sul cambiamento di sfumatura (nuance) e il cambio di tinta non è stato studiato.

c) Il prossimo esempio proviene da uno studio presso il dipartimento di architettura al Chalmers University of Technology in Gothenburg. Durante un corso in colore e luce 40 studenti hanno preso parte ad alcuni esperimenti in cui dovevano valutare il colore di campioni NCS illuminati con diverse fonti di luce. Di seguito mostreremo due dei risultati.

Nel primo esperimento quattro campioni sono stati illuminati con una lampada al sodio a bassa pressione ed esposti agli studenti che hanno visto i campioni da una distanza che variava tra i 3 e i 6 metri. Tutti e tre i campioni altamente cromatici, il giallo, il rosso e il verde, apparivano essere tanto acromatici quanto il campione grigio in questa illuminazione. In un altro esperimento gli studenti dovevano denotare i colori percepiti in termini NCS di tre campioni NCS illuminati da una lampada fluorescente a tre bande nella stessa condizione di osservazione di prima. Uno era verde pallido, uno rosso pallido e uno blu intenso.

Si è potuto constatare che esiste una tendenza che porta a percepire i colori dei campioni in maniera leggermente più cromatica di quanto dica la notazione NCS. In special modo questo si riscontra nel campione blu intenso. La tinta, invece, non è risultata significativamente diversa rispetto alle notazioni dei campioni.

d) Indipendentemente da come oggetti colorati di determinati colori intrinseci vengano percepiti nelle varie effettive condizioni di illuminazioni e osservazione nell'ambiente, c'è un altro fenomeno di importanza nel design del colore ambientale e questo ha a che fare con la leggibilità. Con questo intendiamo quanto vivamente un elemento di colore si separi visivamente contro un colore adiacente o circondario. Questo fenomeno del design del colore ha a che fare con la precisione del confine tra due colori ed è un fenomeno percettivo importante, non solo per la leggibilità ma anche per come vengono formati i patterns di superficie. La precisione del confine, chiamata GT, è una scala da 0 a 10, dove 10 rappresenta il confine più distinto che uno possa immaginare.

In relazione al nostro interesse per il colore nell'ambiente, abbiamo eseguito uno studio pilota per vedere come la precisione di un confine si rapporti alla distanza di osservazione. Sei paia di campioni colore acromatici di 40 cm di grandezza sono stati studiati 60 volte da un gruppo di osservatori non addestrati. L'illuminazione era quella del sole a circa 45° con leggere nuvole in tutto il cielo e i campioni erano osservati perpendicolarmente.

Dapprima gli osservatori hanno valutato la precisione del confine a 500 metri e hanno continuato a distanze di osservazione ravvicinate. Come previsto il confine andava scomparendo con l'aumento della distanza di osservazione. Il risultato più evidente fu che, con coppie con approssimativamente la stessa differenza di nerezza, nelle coppie dalla chiara della scala acromatica la precisione del confine diminuiva più velocemente che per le coppie della parte scura. La stessa procedura è stata utilizzata per determinare la precisione del confine per coppie di colori arancio di chiarezza costante e con varie differenze in cromaticità. Qui la precisione del confine diminuisce un po' più velocemente che per le coppie acromatiche. I metodi per valutare sia l'aspetto del colore che la precisione del confine come misura di leggibilità, senza la necessità di campioni colore di riferimento, è importante per studi futuri di questi fenomeni per come utilizzare e scegliere i colori nel design ambientale.

e) In tutt'altro campo il sistema NCS è stato utilizzato per valutare i risultati qualitativi del trattamento laser di "voglie" rosse, le cosiddette Macchie di Porto. Nel fare la sua tesi su questo soggetto un dottore in medicina svedese ha riscontrato che i metodi usati fino ad allora per valutare i risultati erano sia soggettivi che primitivi.

Nel suo studio, invece, egli diede le notazioni NCS sia della pelle normale, che della voglia, che della macchia schiarita dal laser confrontandole con campioni colore notati NCS. Egli valutò i risultati del trattamento con segni nel modello grafico NCS, ma anche in termini di differenze negli attributi elementari NCS, e una media calcolata della somma di quelle differenze, chiamata differenza NCS.

Il risultato è stato molto buono: il trattamento laser ha schiarito la voglia in modo che sia persino un po' più biancastra della pelle normale, ma essa è ancora un po' troppo rossastra confronto alla giallezza. Con questo esposto di alcuni esperimenti piloti volevamo mostrare che NCS, concettualmente, è molto più dei campioni colore che lo illustrano nell'Atlas dei colori NCS e che NCS può essere usato per analisi e valutazioni di come il colore degli oggetti fisici possa variare con la grande varietà di condizioni ambientali esterne. Il tipo di informazione che vogliono i designer del colore sarà il timone di quante e quali investigazioni verranno effettuate.

[Hard Anders Hard Thomas (2001), "Molto al di là di una semplice collezione", *Colore*, Milano, Ikon Editrice srl, Aprile/Giugno, pag. 36-40]

4 ANALISI DEI SISTEMI DI GESTIONE E COMUNICAZIONE DEL COLORE NEL SETTORE PITTURE E VERNICI PER INTERNI

4.1. Metodi di comunicazione del colore da parte delle aziende e dei progettisti

La prima analisi che mi sono proposto di portare avanti riguardava i metodi di comunicazione del colore, sia da parte delle ditte produttrici verso i progettisti, sia dei progettisti verso la proprio committenza.

La comunicazione del colore per quanto riguarda le case produttrici è basata sulle cartelle e sulle mazzette colore.

Quindi dopo aver raccolto del materiale, sia recandomi in colorifici che chiamando le case per farmi inviare del materiale, ho creato delle schede di catalogazione in cui oltre a indicare i dati dell'azienda ho analizzato le varie caratteristiche indicando:

1. tipologia di cartella: a libro o a ventaglio, le classiche mazzette colore
2. tipologia di campione: se il campione è creato con una stampa di inchiostri, con la stampa di foto o con un ritaglio di materiale reale.
3. tipologia di prodotto: finiture decorative, idropitture, smalti, quarzi ecc ecc.
4. dimensione del campione: in questo caso ho riportato in cm la varie dimensioni dei campioni presenti all'interno delle cartelle.

Dopo questa fase ho raccolto tutti i dati e sono arrivato alla conclusione che le cartelle colore create con campioni fotografici risultano le più errate di tutte per lo più perché riportano il colore nelle condizioni in cui si trovava nel set fotografico e non nella realtà, anche quelle create stampando con inchiostri sono poco attendibili credo per lo più perché create a pc e quindi riportanti dei problemi di relazione tra visualizzazione a monitor e metodi di stampa rgb o cmyk e comunque perché in generale sono create per similitudine.

Le mazzette colore e le cartelle create invece ponendo direttamente il prodotto sul cartoncino o incollando un campione ritagliato da un cartoncino più grande sono realistiche perché fatte proprio con il materiale reale.

Questo vale per tutti i prodotti siano essi smalti, idropitture, quarzi intonachini, se il campione è fatto con materiale reale la resa è realistica.

Passando invece alle dimensioni il discorso si amplia perché le dimensioni utilizzate sono molte, le mazzette colore utilizzate per lo più per le tinte unite sono tutte di piccole dimensioni e sono quelle che danno più problemi perché una dimensione così piccola difficilmente da un'idea precisa di un colore che poi verrà applicato su pareti che sono di diversi metri quadri.

Parlando invece di cartelle colore le dimensioni aumentano, anche se non molto e sicuramente non in maniera sufficiente a dare una percezione precisa del colore, è tendenza comune utilizzare dei piccoli quadrati per descrivere la gamma di colori e solo di alcuni di essi creare una pagina intera, spesso grossa come un A4, per far capire meglio l'effetto finale, ma questo avviene solo nel campo delle decorazioni.

In conclusione i metodi di comunicazione delle aziende produttrici risultano spesso inadeguate sia come dimensioni che come realistica, tanto che molte volte di una stessa casa si possono trovare stampe di annate differenti che non corrispondono tra loro.

Il progettista utilizzando le stesse cartelle incappa negli stessi problemi, quindi non essendo buona la comunicazione tra azienda e progettista quella tra progettista e committente risente delle stesse problematiche.

Il progettista ha però dalle sue altre tecniche di comunicazione, queste risiedono nei software di rendering e fotoritocco ma anche loro presentano delle problematiche.

I software di rendering sono solitamente legati a software di modellazione 3d quindi richiedono un enorme dispendio di tempo sia per la modellazione che per la renderizzazione, quelli per il fotoritocco invece danno solo la possibilità di manipolare una foto creando delle aree in cui è possibile variare il colore ma questi programmi cercano di dare realismo a all'operazione mantenendo le luci e le ombre presente nella fotografia di partenza quindi tutto dipende dalle condizioni in cui essa è stata scattata. Anche il progettista non ha quindi dalla sua degli strumenti efficaci per comunicare con i committenti.

4.2. Metodi di produzione del colore

In questa parte di analisi mi sono occupato della produzione del colore ma non intesa come il processo che porta a creare il prodotto verniciante, quanto il processo di tinta di un prodotto che di per se è già un prodotto finito.

Le case produttrici utilizzano solitamente percorrono due vie, o utilizzano un sistema tintometrico proprietario individuando una selezione di colori che possono essere creati mischiando tra loro le basi e i coloranti della loro linea di produzione, oppure utilizzano sistemi cromatici creati da altri, come pantone, ral o NCS, in questo caso prima effettuano la lettura con spettrofotometro dei campioni e successivamente ripropongono le tinte con i loro prodotti.

Per rendere questo processo ripetibile utilizzano un tintometro che altro non è che un dosatore che quantifica il colorante, o i coloranti, da versare all'interno di una base per ottenere quel tal colore.

Le case produttrici dichiarano una corretta corrispondenza tra i campioni e la loro produzione su tutta la linea, se invece utilizzano un sistema proprietario ma danno anche la possibilità di aver i colori con altri sistemi li testano solo su alcuni prodotti della linea ma li ne danno corrispondenza.

Il mio problema è capire se e quanto la produzione e la stesura del colore implicino degli errori o delle variazioni, quindi sono andato in vari colorifici ad acquistare prodotti di case diverse e di natura diversa e, successivamente, armato di rullino ho creato dei campioni per verificare questa corrispondenza.

Come base per i campioni ho utilizzato delle lastre di cartongesso, un materiale che può essere facilmente assimilato ad un muro, prima di

verniciarle le ho opportunamente trattate con dell'isolante, così da ricreare il processo che un normale pittore edile mette in atto per dipingere un muro vero e quindi ricreare le condizioni reali di applicazione.

Dopo aver fatto i primi campioni e dopo averli analizzati con colorimetro e spettroradiometro i risultati non erano molto confortanti, la corrispondenza tra mazzetta e prodotto finito era tutt'altro che buona.

A questo punto con il supporto delle aziende ho scoperto che esistono diversi momenti di essiccazione delle vernici che ne fanno variare il colore, esiste un tempo di asciugatura detta "al tatto" che vuol dire che la vernice è asciutta superficialmente ma non in profondità e avviene in un arco di tempo di circa 3 ore, vi è poi un'asciugatura "completa" che indica un'essiccazione a fondo della vernice e che implica un passaggio di tempo che di solito è stimato in 24 ore.

Erroneamente pensavo che il processo di asciugatura fosse finito qui il risultato era al suo massimo, mentre invece le case produttrici considerano anche un tempo detto "di reticolazione" che può variare da una settimana a dieci giorni e solo passato questo periodo il prodotto ha raggiunto la sua resa ottimale.

Ripetuti i test strumentali dopo questo lasso di tempo infatti i risultati cambiano parecchio e si va dalla corrispondenza totale a uno scostamento praticamente impercettibile all'occhio ma rilevabile solo da strumenti di precisione.

Attraverso questo scambio di informazioni con le aziende ho anche scoperto i parametri che loro utilizzano per lo scostamento, definito deltaE, che non è un valore costante ma occorre fare una distinzione tra le aree colore, il DE non è un valore assoluto che bisogna perseguire a tutti i costi (non è vero che più si è vicini allo 0 e più il colore è corretto), ma è necessario cercare di ottenere il miglior compromesso possibile tra tutte le variabili.

Per quel che riguarda l'area dei rosso-giallo-arancio il DE ha una elasticità che arriva a 1.5-2, valore tenuto così alto perché l'occhio umano tende a non percepire grosse differenze contrariamente "all'occhio" dello spettrofotometro, al contrario per l'area dei grigi-azzurri-verdi la percezione umana è più sottile, mentre lo spettrofotometro tende a dare DE più elevato, per cui il valore per queste aree colori è massimo di 0,7-0,8.

Discorso ulteriore è da farsi con i chiaro/scuro, più il colore è chiaro più il DE deve essere basso, più è scuro più il DE sarà elevato, con il massimo limite di accettabilità dato da DE 2 dei rosso-arancio.

Utilizzando lo spettroradiometro e il colorimetro mi sono imbattuto nel sistema CIE creato dalla *Commission Internationale d'Eclairage* (CIE, un ente incaricato della standardizzazione nel campo dell'illuminazione) che propone un modello colorimetrico che rappresenta tutti i colori che l'occhio umano può vedere.

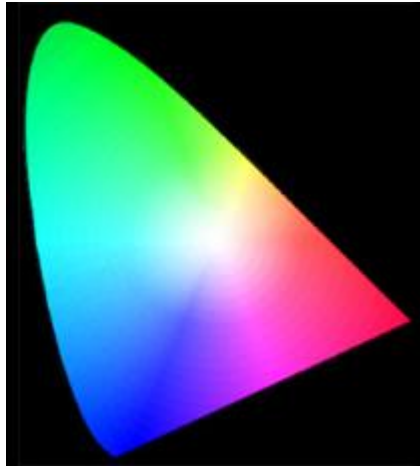


Figura 4-1 Il diagramma di cromaticità CIE 1931

Questo modello è detto diagramma di cromaticità CIE 1931 ed è il punto di arrivo di oltre 250 anni di studi cominciati nel 1666. In quell'anno Newton creò (ma pubblicò più di venti anni dopo e in bianco e nero) il primo diagramma cromatico. Il diagramma cromatico di Newton era circolare, ma vi erano già contenuti i principi della colorimetria (la scienza che studia il rapporto tra stimolo luminoso e sensazione di colore) che sarebbero stati sviluppati negli anni successivi.

Il diagramma rappresenta tutti e sole le cromaticità che l'occhio umano può vedere, prescindendo dalla luminanza. In altre parole, una determinata cromaticità all'interno del diagramma può avere una qualunque luminanza, dal nero al bianco. Dunque, il diagramma CIE 1931 è a due dimensioni, ma aggiungendo la luminanza diventa a tre dimensioni, quindi in realtà lo spazio dei colori visibili dall'occhio umano è tridimensionale.

Il diagramma di cromaticità CIE 1931

Il diagramma di cromaticità CIE 1931 è il diagramma di Newton modificato, aggiornato e standardizzato.

Il diagramma di cromaticità è bidimensionale: al centro c'è il bianco e lungo la parte curva del perimetro ci sono i colori saturi dello spettro luminoso: in senso antiorario, rosso, giallo, verde, blu, viola. I colori centrali sono insaturi (il bianco è il più insaturo di tutti) e i colori periferici sono saturi. Il diagramma rappresenta quindi le tinte (lungo il perimetro) e le saturazioni (dal perimetro verso il centro).

Ogni colore del diagramma può inoltre avere una diversa luminosità (per esempio un certo verde esiste anche in una versione più scura) e quindi al diagramma va aggiunta una terza dimensione, appunto quella della luminosità. A luminosità zero, tutto il diagramma è nero, a luminosità ridotta il centro non sarà bianco ma grigio, e anche tutti gli altri colori saranno più scuri.

Come si legge il diagramma di cromaticità CIE 1931

Nel diagramma di cromaticità CIE 1931 ogni punto rappresenta una cromaticità (cioè un colore a meno della luminanza) ed ogni cromaticità è rappresentata da un punto all'interno dell'area a ferro di cavallo. L'intera area è compresa in un sistema di coordinate cartesiani (rettangolari e ortogonali) x,y come indicato nell'immagine qui sotto. Entrambe le coordinate x e y assumono valori da 0 a 1. Non a tutte le coppie di coordinate in questo intervallo corrisponde una cromaticità, ma ad ogni cromaticità corrisponde una coppia di coordinate x,y .

Per esempio c'è un determinato rosso definito dalle coordinate $x= 0.6$ e $y = 0.3$, il colore di coordinate $(0.4, 0.2)$ è un lilla mentre il colore $(0.1, 0.6)$ è un verde.

Nel diagramma le due coordinate sono indicate con x e y e queste due lettere vanno scritte in minuscolo: in colorimetria X e Y maiuscole hanno un altro significato.

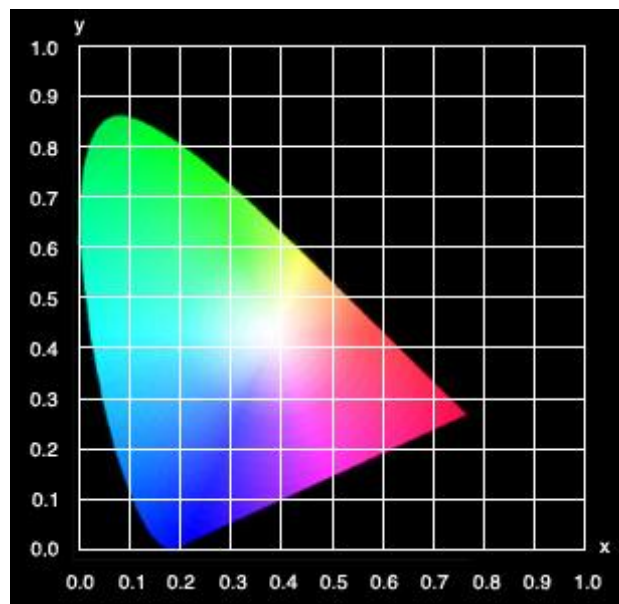


Figura 4-2 Coordinate x,y nello spazio cromatico CIE 1931.

[Mauro Boscarol, <http://boscarol.com/pages/cs/540-xy.html>]

Osservatore standard a 2° e osservatore standard supplementare.

La sensibilità al colore dell'occhio umano varia a seconda dell'angolo di osservazione (dimensioni dell'oggetto). La CIE definì l'osservatore standard nel 1931 utilizzando un campo visivo di 2°, da cui il nome di Osservatore standard a 2°. Nel 1964, la CIE definì un ulteriore osservatore standard, questa volta basato su un campo visivo di 10°; questo osservatore è chiamato Osservatore standard supplementare a 10°. Per dare un'idea della differenza tra un campo visivo di 2° e uno di 10°, il primo, osservato a una distanza di 50 cm, avrebbe l'aspetto di un cerchio di 1,7 cm di diametro, mentre il secondo, alla stessa distanza, sarebbe un cerchio con un diametro di 8,8 cm. La maggior parte delle informazioni contenute in questo documento si basa sull'Osservatore standard a 2°. Quest'ultimo viene usato per angoli di osservazione da 1° a 4°, mentre per angoli maggiori di 4° si utilizza l'Osservatore standard supplementare a 10°.



Figura 4-3 Osservatore standard a 2° e osservatore standard a 10° (supplementare).

[Konica Minolta, <http://www4.konicaminolta.eu/pcc/it/part4/01.html>]

5 RICERCA SPERIMENTALE

5.1. Individuazione degli elementi critici

Prima di individuare gli elementi critici su cui lavorare ho delimitato il mio campo d'azione, quindi, dato anche il mio indirizzo di studi, ho deciso di circoscrivere la mia ricerca al progetto di interni e di lavorare sulle finiture murali.

All'interno delle finiture murali, come emerso dalla fase di analisi, esistono anche le decorazioni ma le ho scartate perché presentano una quantità di variabili dovute anche solo alla modalità di applicazione che le rendono del tutto incontrollabili, ho deciso quindi di occuparmi della tinta unita e dei materiali che possono essere applicati su superfici murali come idropitture e smalti.

Dopo aver aver scelto accuratamente il luogo in cui indagare ho analizzato gli studi esistenti sulla percezione del colore e avvalendomi anche delle prime prove in laboratorio ho individuato le variabili che influenzano la percezione del colore intrinseco, quelle che mi sono sembrate più pertinenti sono cinque e sono:

1. Tipologia di illuminazione: la gradazione Kelvin della luce fa sì che la percezione del colore vari molto in base alla temperatura di colore.
2. Finitura della superficie: il gloss della superficie cioè la sua capacità di riflettere la luce comporta una variazione del colore che, anche se meno significativa rispetto a quella dell'illuminazione, distorce la visione del colore intrinseco.
3. Granulometria della superficie: la grana della finitura superficiale influenza la resa cromatica della superficie
4. Dimensione della superficie: analizzando le cartelle colore delle aziende mi sono reso conto che le loro dimensioni non riescono a dare una resa realistica del colore, ho indagato quindi su un'ipotetica superficie limite in grado di essere il più verosimigliante possibile con la realtà
5. Presenza di colore sulle superfici contigue: infine le superfici adiacenti creano sicuramente delle riflessioni tra loro e ho cercato di interpretare i cambiamenti che queste riflessioni possono portare.

5.2. Studio di un metodo per l'osservazione degli elementi critici

Individuati questi 5 punti ho dovuto creare una serie di test che potessero portare alla luce le variazioni di colore, prima di tutto ho deciso di allestire tutti i test all'interno di una zona delimitata, il Laboratorio Colore, così da poter avere sempre le stesse condizioni ambientali, dopodiché ho cominciato a sviluppare dei supporti cartacei su cui i tester avrebbero dovuto riportare quello che vedevano.

Avendo deciso di basare tutto sul sistema NCS, ho utilizzato il cerchio e il triangolo cromatico così da avere un riferimento concreto sui cui poter lavorare e su cui poter far registrare i dati.

Una volta creati i test ho dovuto scegliere i miei tester, e ho deciso di utilizzarne sia di esperti, cioè di persone che avessero già contatti con il mondo del colore e che avessero conoscenza dell'NCS, sia di non esperti cioè comunissimi utenti che non hanno dimestichezza con il colore e che non sono abituati a osservarlo e descriverlo.

Questo per verificare anche che la visione comunque fosse indipendente dalla conoscenza del colore.

5.3. Creazione di campioni con l'ausilio di strumenti tecnici

Nel momento in cui ho avuto la necessità di creare dei pannelli campione su cui poi basare tutti i miei esperimenti ho dovuto scartare le lastre di cartongesso perché, nonostante i miei precedenti test le indicassero come un ottimo materiale, erano molto scomode da gestire.

Avendo già accertato la bontà della produzione dei colori a questo punto avevo bisogno di controllare che scelto un materiale se su questo andavo ad applicare il mio prodotto colorato il colore intrinseco non subiva variazioni dovute al materiale altrimenti la base di tutto sarebbe stata passibile di errori e non sarebbe stata una base ideale.

Quindi deciso che l'mdf era il mio materiale di riferimento, per la relativa leggerezza legata ad un'ottima resistenza, ho verificato che la stesura su di esso di un prodotto dedicato alle finiture murali non implicasse scostamenti della tinta.

Applicato il prodotto e fatto passare il tempo di reticolazione sempre con colorimetro e spettrometro ho verificato che nonostante avessi applicato un prodotto murale su un supporto ligneo il colore intrinseco non subiva variazioni.

5.4. Formulazione del metodo di ricerca per diverse situazioni di osservazione

Il metodo di ricerca che ho sviluppato è basato su un approccio fenomenologico, che cerca cioè di descrivere e classificare i fenomeni percettivi senza cercare di spiegarli con l'aiuto di cause fisiche o fisiologiche, basato sulla descrizione del colore attraverso le modalità con cui l'osservatore lo percepisce.

Per questo ho sviluppato un metodo empirico basato su un approccio sperimentale alla conoscenza, con un modo di procedere a posteriori in cui partendo dal dato empirico sono risaliti ai principi generali.

Quindi per ogni variabile individuata ho realizzato un test fisico, con l'ausilio di apparati tecnologici forniti dal laboratorio colore e con più semplici pannelli colorati da sottoporre agli osservatori, e una scheda di raccolta dati su cui registrare quello che gli osservatori vedevano e volevano comunicare.

(Vedi allegati 6, 7, 8, 9, 10 pag 96)

Per aiutare i tester nella comunicazione mi sono avvalso dell' NCS, in quanto è un sistema logico di ordinamento dei colori che si basa sul modo con cui questi vengono percepiti, e che utilizzando un codice alfanumerico con degli intervalli precisi permette di descrivere, con un solo codice, più caratteristiche del colore.

Nell'NCS in cui tutti i colori che possiamo immaginare sono descrivibili per mezzo del sistema, ed ogni colore può essere identificato da una notazione NCS precisa.

Il sistema NCS è stato realizzato dall'Istituto Scandinavo del Colore (SCI) nel 1946, ed è il frutto di un lavoro di ricerca che dura da mezzo secolo. Nel 1952 è stato introdotto l'atlante di colore con 600 colori. I ricercatori principali che hanno sviluppato questo sistema Tryggve Johansson, Sven Hesselgren ed Anders Hard. Nel mese di novembre del 2000 è stato aperto Il centro di colore di NCS negli Stati Uniti per fornire i prodotti NCS e fornire un servizio consultivo per gli specifiers e fornitori e colore training.

Oggi il sistema NCS è composto da 1750 campioni di colore in una distribuzione omogenea, percettivamente equidistante, contenente anche i valori della norma CIE. NCS ha studiato un software, con misurazioni spettro-fotometriche, dove è possibile definire qualsiasi campione di colore tramite il codice NCS.

Il sistema NCS (Natural Colour System) oggi costituisce la Norma svedese 55 01 91 02, adottata da molti paesi europei.

Il sistema NCS si basa su sei colori fondamentali: 4 colori cromatici: giallo (Y=yellow), rosso (R=red), blu (B=blue), verde (G=green) due colori acromatici: bianco (W=white) e nero (S=black).

I quattro colori fondamentali insieme ai colori intermedi compongono il cerchio cromatico NCS.

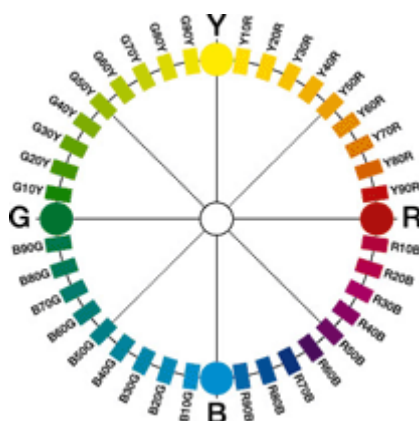


Figura 5-1 Cerchio NCS

I due colori acromatici danno luogo a una scala lineare W che va dal bianco al nero (scala dei grigi).

La mescolanza tra i colori fondamentali e la scala dei grigi producono tutti i colori percepibili in una forma di un doppio cono (solido cromatico NCS).

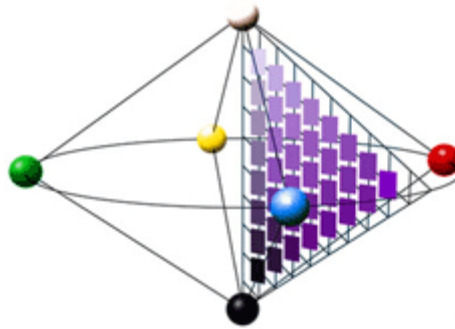


Figura 5-2 Spazio NCS

La disposizione geometrica dei colori all'interno del solido cromatico NCS consente la codificazione di 1.750 colori, considerati idonei ad essere applicati professionalmente nei vari campi della comunicazione e del design.

Il cerchio cromatico NCS è suddiviso in quattro aree delimitate dai colori fondamentali: Y, R, B, G. Ogni area viene a sua volta suddiviso in 10 segmenti. Il cerchio cromatico completo NCS contiene 40 colori con la massima saturazione.

La denominazione dei colori NCS viene espressa in un codice in percentuale.

Es. Y70R significa: 30 parti di giallo e 70 di rosso.

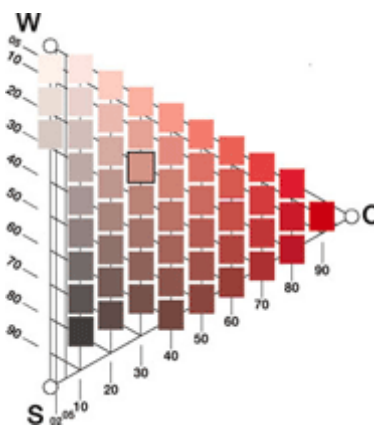


Figura 5-3 Triangolo NCS

Ognuno dei 40 colori del cerchio cromatico NCS ha una sezione verticale del solido che si unisce all'asse della scala dei grigi creando 40 triangoli (tavole NCS).

Sui vertici di ciascun triangolo si trovano i tre valori assoluti: sul vertice di destra il colore della massima saturazione (C), su quello di sinistra in alto, il bianco assoluto (W) e su quello in basso, sempre a sinistra, il nero assoluto.

In laboratorio per mia ricerca ho creato più pannelli utilizzando un set di nuance e tinte per ogni colore fondamentale, giallo, rosso, verde, blu, variando, tinta, saturazione e nerezza, ma ho deciso di sottoporre ai miei tester un unico colore l'S0530-Y10R, questo perché il giallo è il colore con l'indice di riflettività più alto di tutti e che quindi offre una visione maggiore delle variazioni che intervengono, questo non significa che sugli altri colori non ci sono variazioni ma semplicemente la loro entità è minore e quindi meno percettibile e avrebbe potuto complicare la fase di test con gli osservatori.

Nel test sulla tipologia di illuminazione sfruttando una cabina luce pantone e costruendone una a doc, ho potuto mettere in confronto simultaneo due campioni della stessa tinta posti sotto illuminanti diversi.

Nella costruzione mi sono imbattuto in una serie di problematiche dovute dapprima alla natura del materiale utilizzato per creare la cupola riflettente interna alla cabina, diversi materiali producevano effetti diversi sulla riflessione della luce e sulla sua resa, inoltre i neon della cabina luce presente in laboratorio avendo già delle ore di lavoro alle spalle risultavano degradati rispetto ai neon nuovi della cabina luce costruita falsando ulteriormente la percezione, una volta messe a punto queste cose la resa di entrambe le cabine misurate con spettroradiometro è risultata identica.

(Vedi allegato 5 pag. 94)

Davanti alle cabine luce ho creato dei passepartout che permettevano l'osservazione attraverso un foro di 10*10cm, così da isolare il resto della cabina e osservare direttamente solo i campioni, gli osservatori si dovevano mettere ad una distanza di 2 metri e cercare di inquadrare solo i campioni sullo sfondo.

Per quanto riguarda i test sulla finitura superficiale ho creato 3 pannelli riportanti finitura lucida, satinata e opaca.

Questi tre pannelli sono stati messi a confronto con un pannello di riferimento creato con dell'idropittura murale che di per se è opaca, mentre i pannelli campione sono realizzati con degli smalti murali, in cui la variazione di gloss è data da un aumento della resina nel prodotto, quello che avviene è che nel caso dell'opaco la differenza tra la pittura e lo smalto esiste ed è giustificata dalla natura stessa del prodotto.

Per il test sulla granulometria ho creato 3 pannelli con granulometria fine, media e grossa, creati applicando prima un fondo ruvido di grana diversa sui pannelli e poi verniciandoli tutti con la stessa pittura murale così da avere la certezza che il colore fosse sempre lo stesso.

Sia per il test della granulometria che per quello della finitura superficiale ho svolto delle prove e ho deciso di appendere i campioni su uno sfondo grigio neutro e di osservarli in verticale, proprio come se fossero nella loro posizione naturale e fossero appunto dei muri verticali, questo anche se

nel caso della finitura riduceva la resa visiva in quanto la percezione del gloss e quindi dei riflessi venivano meno rispetto ad un'osservazione di sguincio, ma quello che mi interessava era riprodurre il più possibile una situazione reale.

La dimensione di questi pannelli è stata fissata in 50x50 in quanto, secondo i test da me svolti, ingrandendo la superficie si arriva ad un punto in cui la variazione di colore diventa impercettibile o comunque minima ma fino a quella dimensione invece gli step sono ancora importanti.

Per analizzare la dimensione superficiale ho creato un unico pannello colorato di fondo su cui ho messo delle maschere che andavo via via a togliere, la dimensione della prima maschera lasciava scoperto un quadrato 20*20cm che era il riferimento da cui partire con l'osservazione, togliendo le altre maschere si arrivava alla dimensione massima di 100*100cm.

In questi 3 casi l'osservatore era seduto sempre a 2 metri di distanza e osservava i campioni illuminati dalla sola luce artificiale dei neon, in quanto chiudendo tutte le persiane del laboratorio ho cercato di isolare il più possibile l'ingresso della luce solare così da avere un solo illuminante.

Per il test della presenza di più superfici colorate ho utilizzato la cabina luce come se fosse una stanza in miniatura, illuminante fisso sui 5000k e con dei pannelli che andavo a inserire nella cabina andavo a colorare una parete per volta sommandola a quelle precedenti, il tester osservava sempre da una distanza di 2m.

5.5. PRIMO STUDIO: OSSERVAZIONE DELLE VARIAZIONI DEL COLORE PERCEPITO AL VARIARE DELLA LUCE A CUI È SOTTOPOSTO



Figura 5-4 Esecuzione test primo studio

All'interno delle due cabine luce due pannelli dello stesso colore intrinseco, nella cabina luce di sinistra illuminante fisso su 5000k, questa era la cabina di riferimento, nella cabina luce di destra l'illuminante variava di volta in volta tra 6500K, 4000K e 2700K, il tester seduto ad una distanza di 2 metri deve osservare le tre variazioni e volta per volta riportare il colore percepito sulla scheda precedentemente consegnata.

5.5.1. I risultati dei gruppi di osservazione

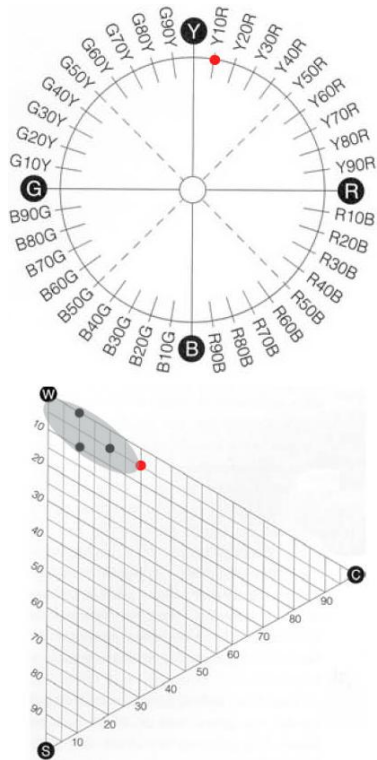


Figura 5-5 Risultati a 6500K

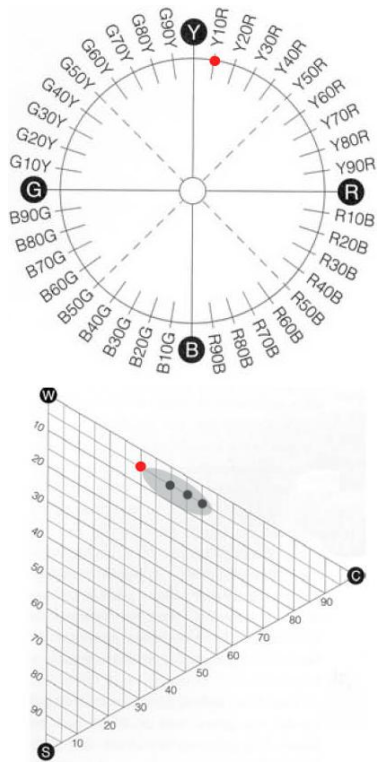


Figura 5-6 Risultati a 4000K

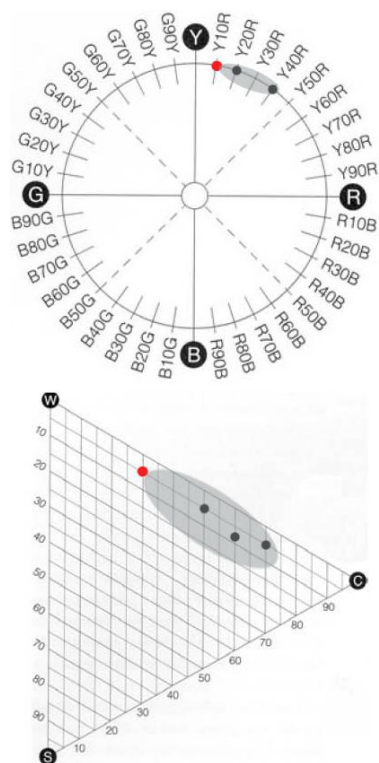


Figura 5-7 Risultati a 2700K

5.5.2. Conclusioni sul primo studio

In questo primo studio le variazioni di colore dovute al passaggio da una temperatura di colore all'altra erano piuttosto visibili e come si può dedurre dai grafici nel caso dei 6500K è avvenuta una desaturazione e un aumento del bianco, con 4000K vi è stato un aumento della saturazione mentre con 2700K un aumento ancora più significativo della saturazione e una variazione di tinta verso il rosso.

5.6. SECONDO STUDIO:. OSSERVAZIONE DELLE
VARIAZIONI DEL COLORE PERCEPTO AL VARIARE
DELLA SUPERFICE CAMPITA CON IL COLORE
INTRINSECO



Figura 5-8 Esecuzione test secondo studio

Il tester posto a 2 m di distanza da un pannello coperto con delle maschere deve osservare la variazione del colore man mano che il pannello viene scoperto, si passa da 20x20 cm a 100x100 cm a step di 20 cm per volta anche qui ad ogni passaggio deve indicare sulla scheda che ha ricevuto il colore che percepisce di volta in volta.

5.6.1. I risultati dei gruppi di osservazione

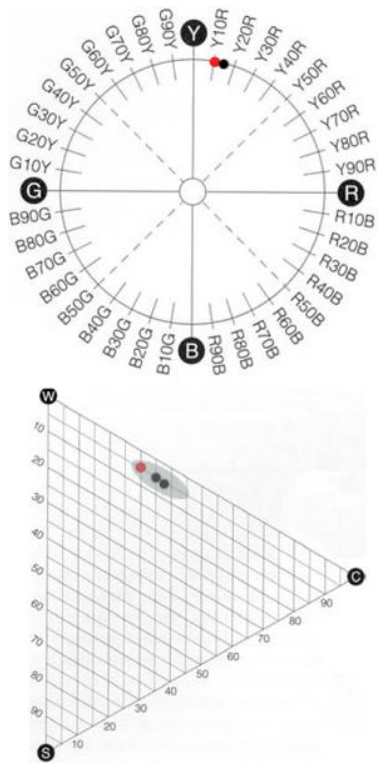


Figura 5-9 Risultati 40x40

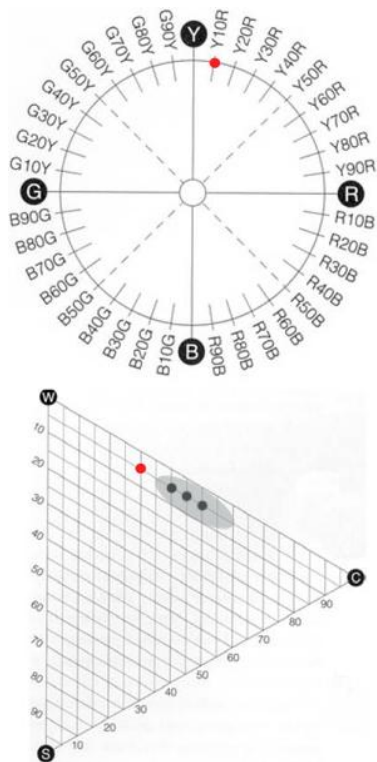


Figura 5-10 Risultati 60x60

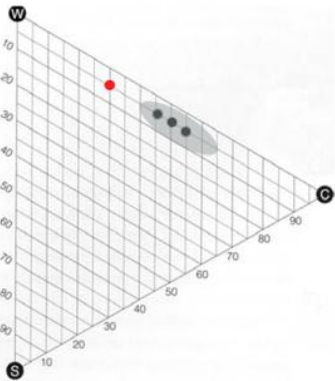
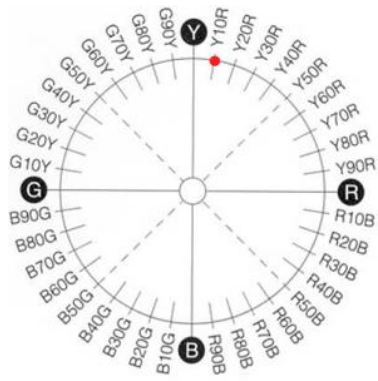


Figura 5-11 Risultati 80x80

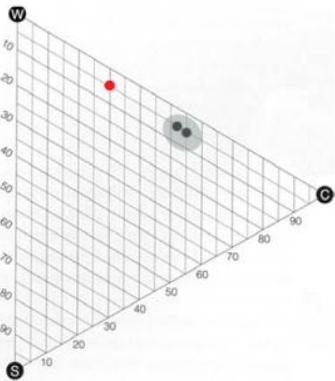
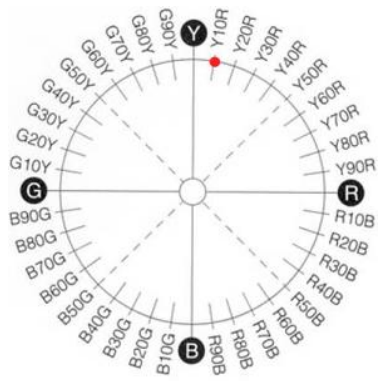


Figura 5-12 Risultati 100x100

5.6.2. Conclusioni sul secondo studio

In questo secondo studio l'aumento delle dimensioni ha portato ad un aumento della saturazione del colore, fino ad arrivare a un punto in cui queste variazioni erano minime o poco percettibili, le variazioni in questo caso erano talmente sottili che anche gli utenti esperti facevano fatica a quantificare i vari passaggi.

5.7. TERZO STUDIO: OSSERVAZIONE DELLE VARIAZIONI DEL COLORE PERCEPTO AL VARIARE DELLA FINITURA SUPERFICIALE



Figura 5-13 Esecuzione test terzo studio

Il tester posto a 2 metri di distanza da 3 pannelli aventi finiture superficiale diverse, lucida, satinata e opaca, deve osservare lo scostamento esistente tra i pannelli appesi e un pannello di riferimento che viene accostato di volta in volta ai pannelli già presenti nella scena, ad ogni passaggio deve registrare sulla scheda i cambiamenti che percepisce.

5.7.1. I risultati dei gruppi di osservazione

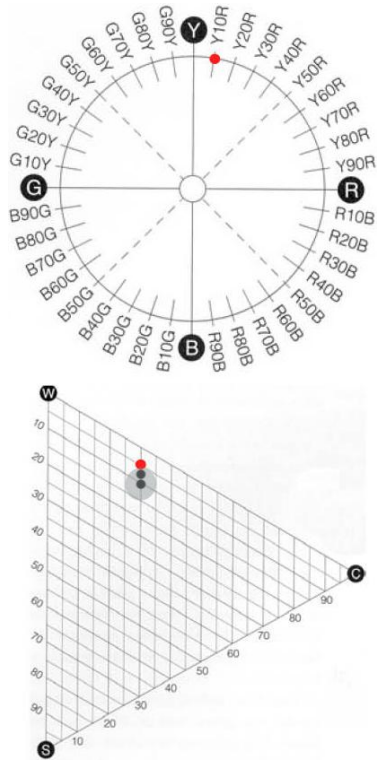


Figura 5-14 Risultati lucido

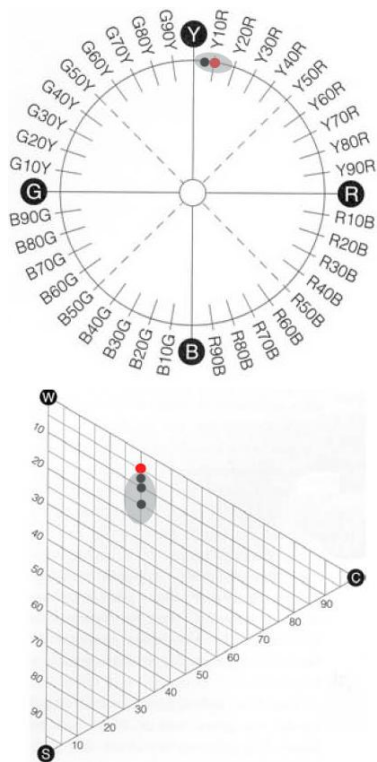


Figura 5-15 Risultati satinato

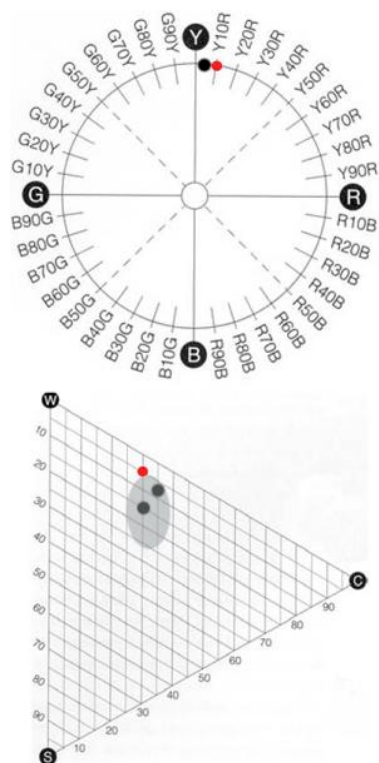


Figura 5-16 Risultati opaco

5.7.2. Conclusioni sul terzo studio

In questo terzo studio si può notare come passando dal lucido all'opaco si ha uno scostamento sempre crescente rispetto al colore opaco del campione di riferimento, nel campione lucido si ha un aumento del nero, in quello satinato l'aumento del nero è ancora più marcato e nell'opaco si raggiunge il massimo scostamento con un aumento sia del nero che della saturazione.

5.8. QUARTO STUDIO: OSSERVAZIONE DELLE VARIAZIONI DEL COLORE PERCEPTO AL VARIARE DELLA GRANULOMETRIA DELLA SUPERFICIE



Figura 5-17 Esecuzione test quarto studio

Il tester posto a 2 metri di distanza da 3 pannelli aventi grane diverse, fine, media e grossa, deve osservare lo scostamento esistente tra i pannelli appesi e un pannello di riferimento che viene accostato di volta in volta ai pannelli già presenti nella scena, ad ogni passaggio deve registrare sulla scheda i cambiamenti che percepisce.

5.8.1. I risultati dei gruppi di osservazione

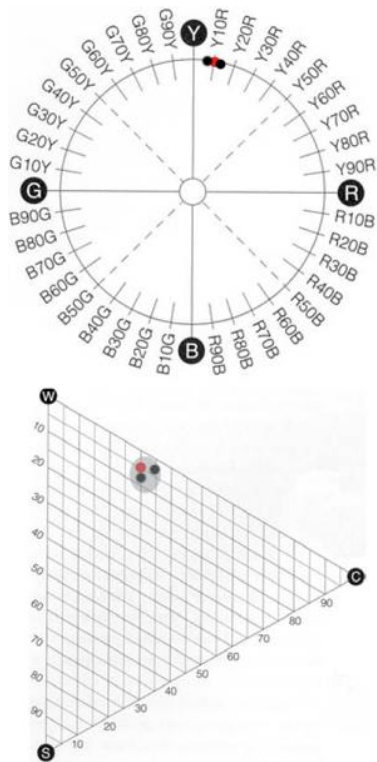


Figura 5-18 Risultati grana fine

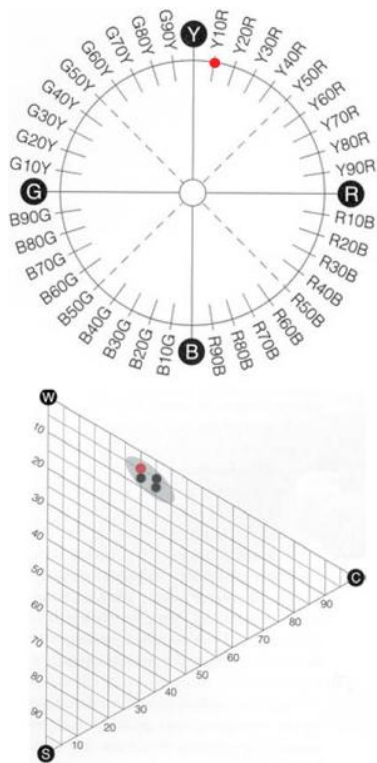


Figura 5-19 Risultati grana media

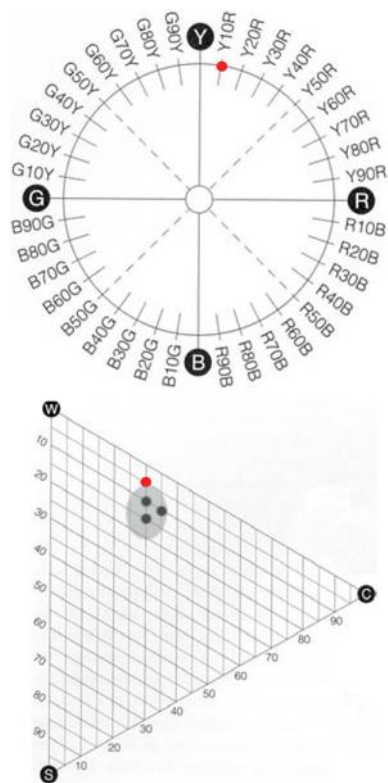


Figura 5-20 Risultati grana grossa

5.8.2. Conclusioni sul quarto studio

Nel quarto studio si può notare come rispetto al pannello campione liscio, la grana fine fa aumentare, seppur di poco, sia nero che saturazione, nel passaggio alla grana media si ha un aumento di saturazione più marcata e anche un lieve aumento del nero, nella grana grossa invece si ha l'effetto contrario con un aumento marcato del nero e lieve della saturazione.

5.9. QUINTO STUDIO: OSSERVAZIONE DELLE VARIAZIONI DEL COLORE PERCEPITO IN PRESENZA DELLO STESSO COLORE INTRINSECO SU PIÙ SUPERFICI ADIACENTI



Figura 5-21 Esecuzione test quinto studio

All'interno della cabina luce l'illuminante è fisso su 5000k, il tester seduto ad una distanza di 2 metri ed osserva l'unica superficie colorata l'interno della cabina che è quella di fondo.

Successivamente vengono aggiunte alla scena le due pareti laterali, prima la sinistra e poi la destra, ed in ultimo si arriva ad una completa copertura delle 4 superfici verticali inserendo anche la parte frontale lasciando però uno spazio attraverso cui il tester può vedere quello che succede all'interno.

Di volta in volta il tester deve osservare le variazioni che avvengono e riportare il colore percepito sulla scheda precedentemente consegnata.

5.9.1. I risultati dei gruppi di osservazione

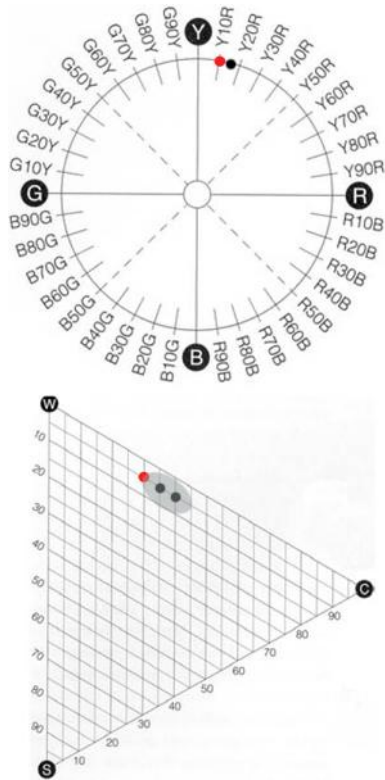


Figura 5-22 Risultati superficie 1+2

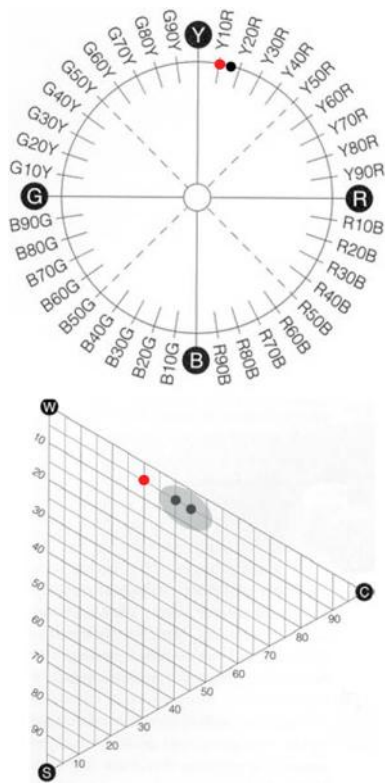


Figura 5-23 risultati superficie 1+2+3

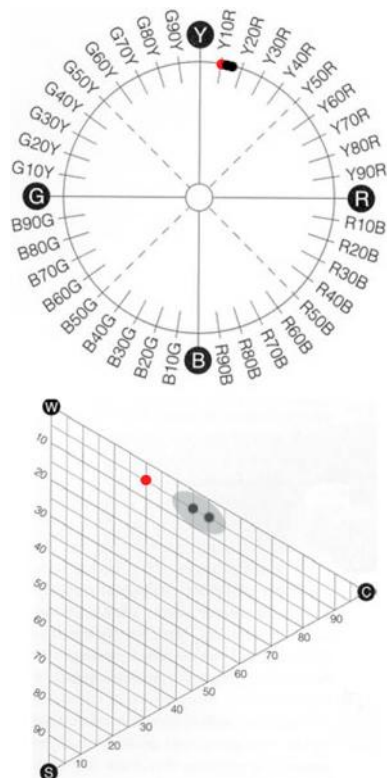


Figura 5-24 Risultati superficie 1+2+3+4

5.9.2. Conclusioni sul quinto studio

Nel quinto studio si può notare come aumentando le superfici che innescano dei riflessi fra loro si ha un aumento della saturazione, con 2 sole superfici l'aumento non è alto ed è localizzato per lo più nella zona di incontro fra le due pareti, con l'inserimento della terza parte la saturazione aumenta ancora e il fenomeno è più diffuso. Applicando anche l'ultima superficie questo aumento si accentua sempre più in maniera uniforme su tutte le superfici.

6 POSSIBILI APPLICAZIONI PROGETTUALI

6.1. Implementazione all'interno di software esistenti

Dall'analisi dei metodi di comunicazione del colore è emerso che i software di fotoritocco attuali hanno delle lacune, utilizzano semplicemente le ombre e le luci all'interno della scena fotografata per dare una resa realistica dell'effetto finale, senza occuparsi minimamente del contesto.

Utilizzando i risultati dei miei test si possono creare degli applicativi attraverso i quali aumentare la definizione della scena introducendo quindi tipologia di luci, quantità di superfici da colorare e loro dimensione, il tipo di muro che andremo a verniciare inteso come grana e il prodotto che andremo ad utilizzare inteso come finitura.

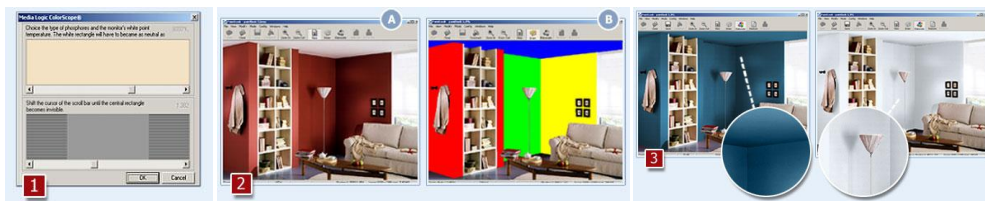


Figura 6-1 Software esistente

Utilizzando come base un software già esistente possiamo applicare un semplice menù a tendina in cui indicare le variabili ed avere un risultato più realistico e efficace.



Figura 6-2 Menù a tendina

6.2. Sviluppo di cartelle colori selezionate

Come emerso dall'analisi il problema principale della cartelle colore, siano esse a libro o a ventaglio, sta nelle dimensioni troppo piccole per poter dare un'idea realistica del risultato.

La mia idea per poter aumentare la loro utilità è quella di diminuire il numero dei colori a disposizione ma allo stesso tempo di questi colori dare una maggiore definizione.

Per fare questo si deve creare una selezione di colori; tutte le case produttrici offrono un campionario che è fatto di migliaia di colori ma molti di questi sono talmente simili fra loro che quasi non se ne percepisce la differenza, oppure compaiono ma statisticamente non vengono mai utilizzati, quindi eliminare tutti questi colori in eccesso e di quelli rimasti fornire una mazzetta che non indichi un semplice susseguirsi di colori intrinseci, ma un colore intrinseco di partenza che ha come colori adiacenti i colori percepiti in base alle variabili che ho studiato nei miei test.

A questo punto non ho risolto il problema delle dimensioni, la soluzione più ovvia sarebbe creare cartelle colori più grandi ma risolvendo un problema ne creerei altri, primo dei quali il semplice trasporto, ma ho creato una mazzetta colore che nel momento dell'utilizzo fornisce immediatamente e in maniera visiva lo scostamento che avrò, seppur in maniera relativa e passibile degli errori che sono dovuti alle dimensioni, nella realizzazione finale.

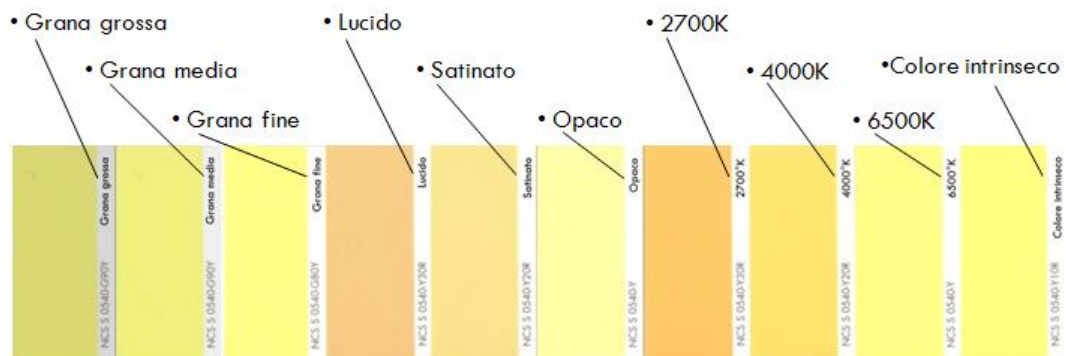


Figura 6-3 Cartella colore selezionata

6.3. Espositore/cabina luce dedicato ai punti vendita

Un ulteriore applicazione dei miei studi potrebbe essere la creazione di un espositore/cabina luce da utilizzare all'interno dei punti vendita.

Questo oggetto è composto di due parti una superiore in cui è ricreata una cabina luce e una inferiore in cui vengono depositati pannelli prefiniti che possono essere lisci oppure ruvidi con grana fine, media e grossa.

Il progettista recandosi in colorificio può scegliere prima di tutto che tipo di materiale usare, se idropittura o smalto, e una volta scelto farsi tingere con l'ausilio del tintometro un campione di piccole dimensioni.

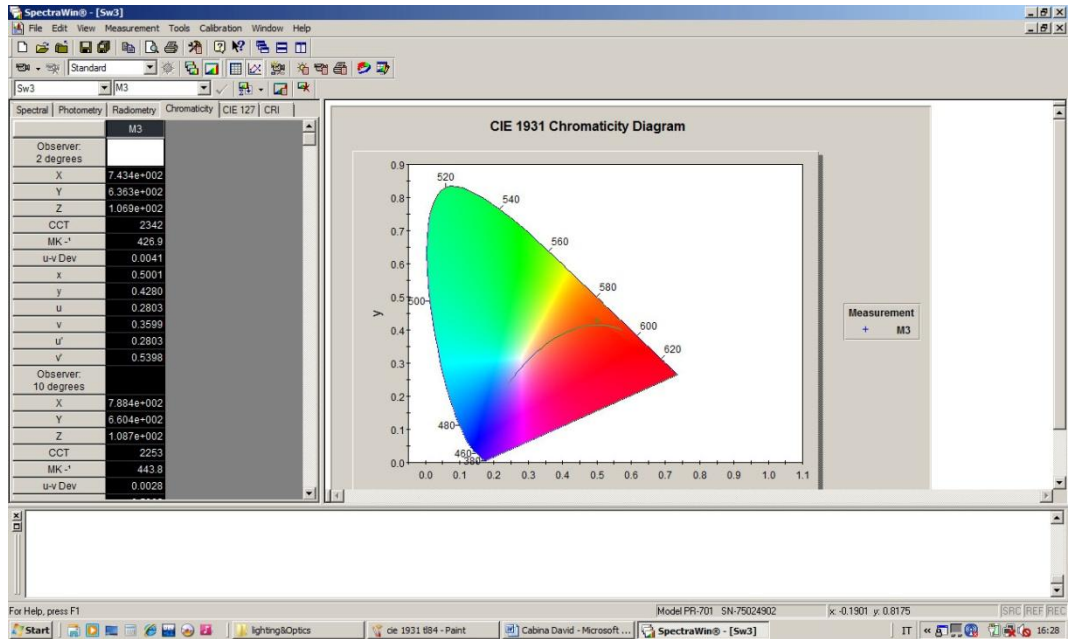
Il passo successivo è scegliere il pannello prefinito per le proprie esigenze e colorarlo con il campione precedentemente prodotto, lasciato passare il tempo di asciugatura il pannello può essere posto nella cabina luce e analizzato sotto i vari illuminanti.

Una volta finito questo processo il progettista oltre ad aver esaminato in maniera dettagliata il colore intrinseco prescelto ha a sua disposizione un campione fisico che può portare in loco per ulteriori accertamenti.

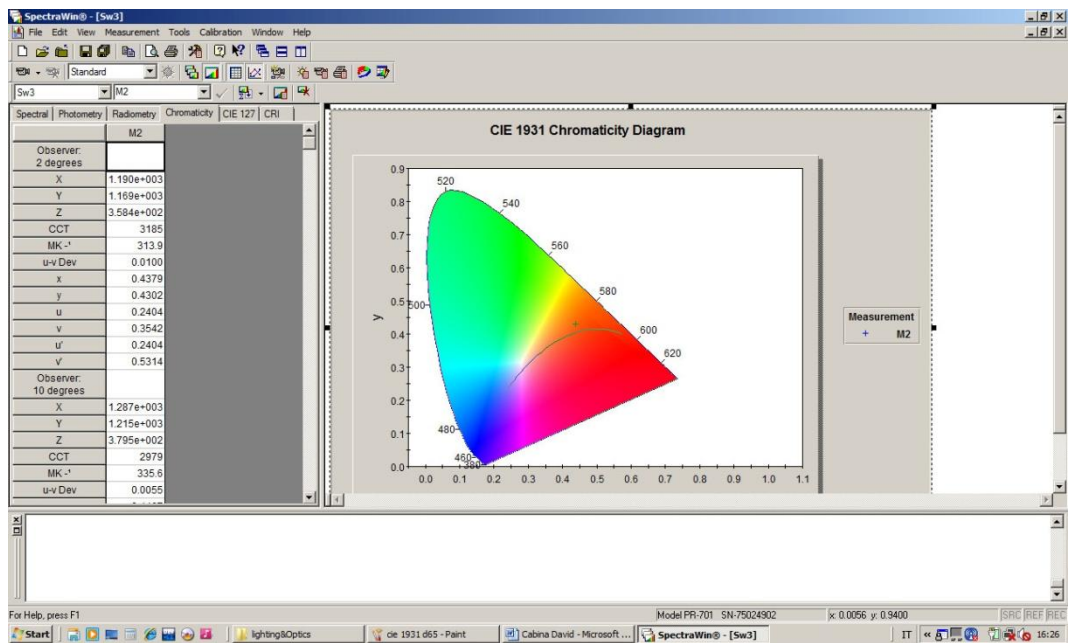


Figura 6-4 Render espositore/cabina luce

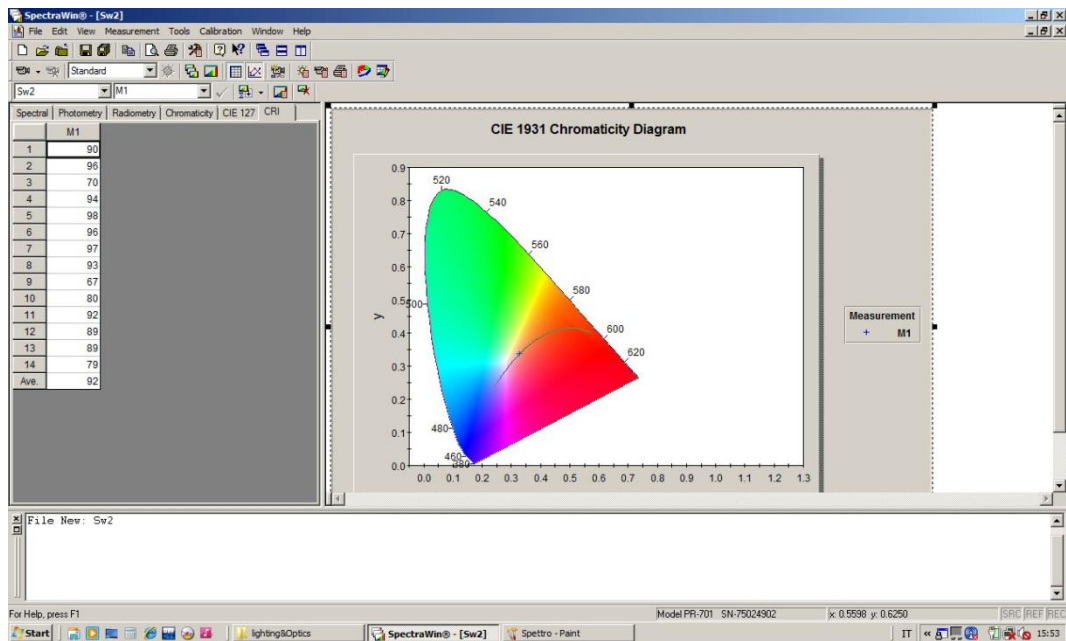
ALLEGATI



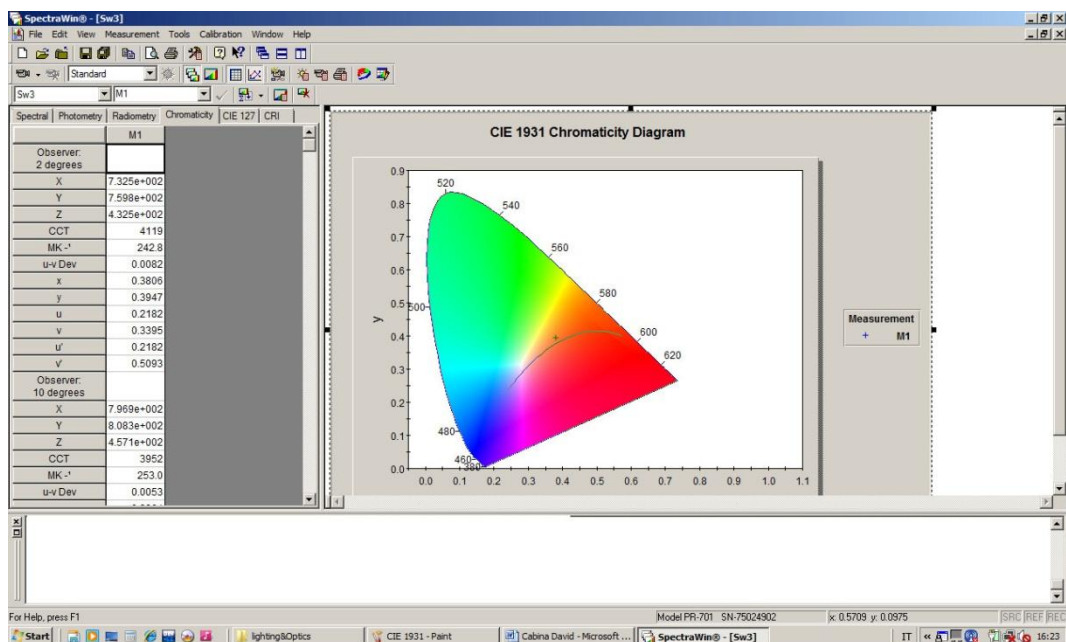
Allegato 1 Diagramma CIE 1931 cabina luce 2700K



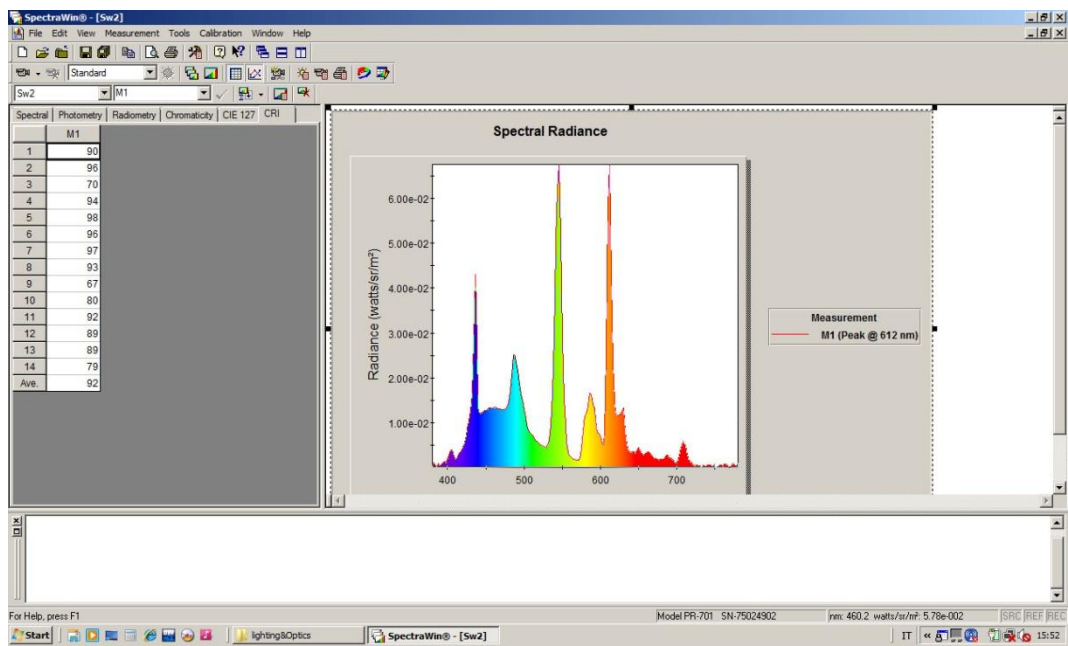
Allegato 2 Diagramma CIE cabina luce 4000K



Allegato 3 Diagramma CIE 1931 cabina luce 5000K



Allegato 4 Diagramma CIE 1931 cabina luce 6500K



Allegato 5 Radiazione spettrale cabine luce a confronto

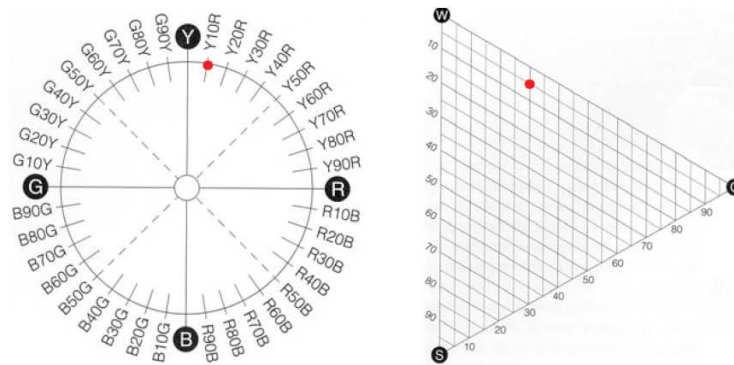
Scheda per la classificazione del colore al variare della luce

1. Colore intrinseco

- Codice colore NCS S0530 Y10R (rappresentato da un pallino rosso all'interno del grafico)

2. Colore percepito con temperatura di colore 6500K

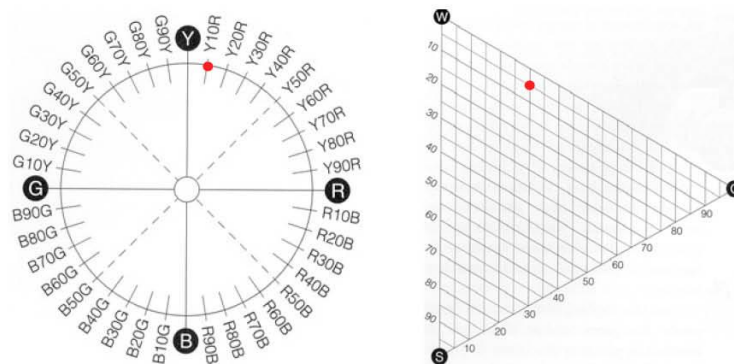
- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

3. Colore percepito con temperatura di colore 4100K

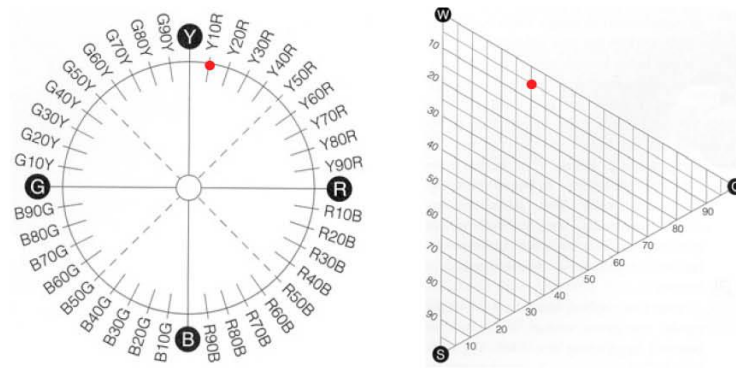
- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

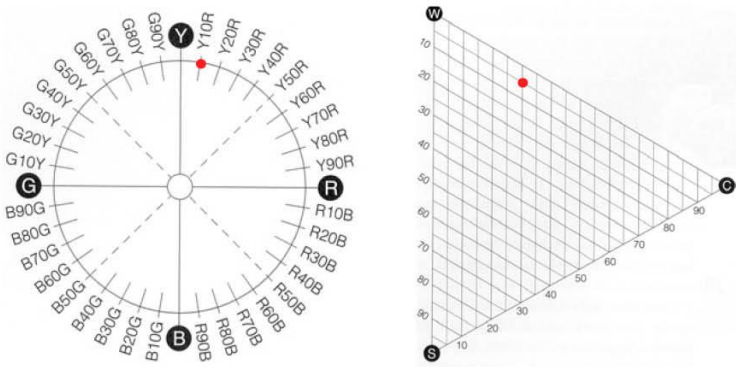
4. Colore percepito con temperatura di colore 2700K

- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

5. Sintesi



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

Allegato 6 Scheda per la classificazione del colore al variare della luce

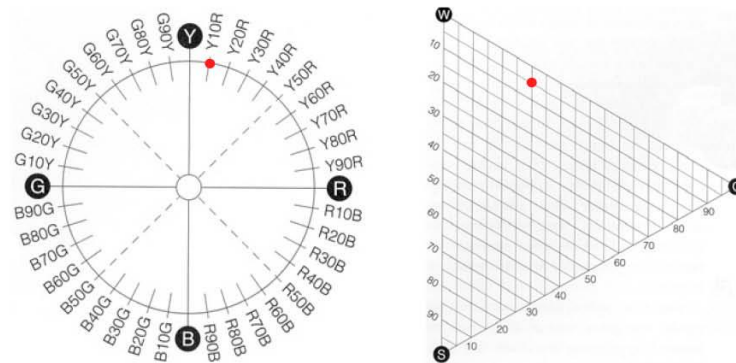
Scheda per la classificazione del colore al variare della dimensione della superficie colorata

1. Colore intrinseco

- Codice colore NCS S0530 Y10R (rappresentato da un pallino rosso all'interno del grafico)

2. Colore percepito con superficie di dimensione 40x40cm

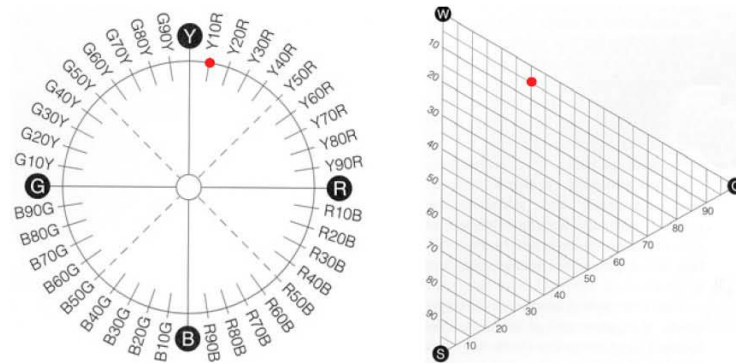
- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

3. Colore percepito con superficie di dimensione 60x60cm

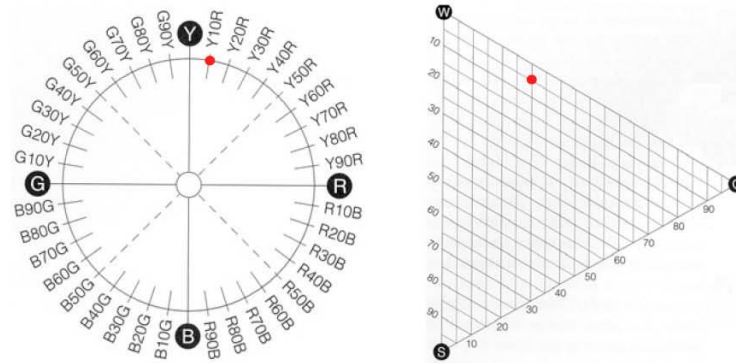
- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

4. Colore percepito con superficie di dimensione 80x80cm

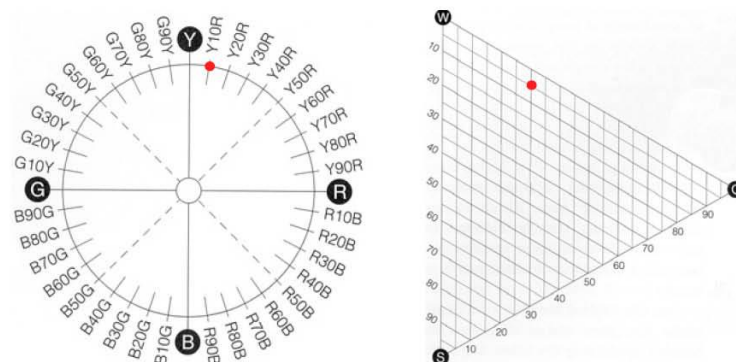
- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

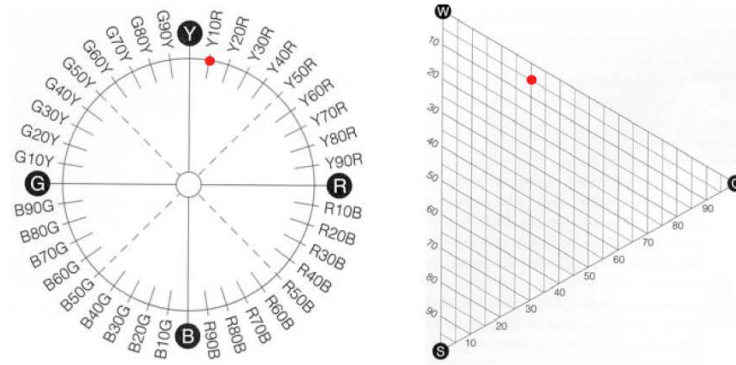
5. Colore percepito con superficie di dimensione 100x100cm

- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

6. Sintesi



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

Allegato 7 Scheda per la classificazione del colore al variare della dimensione della superficie colorata

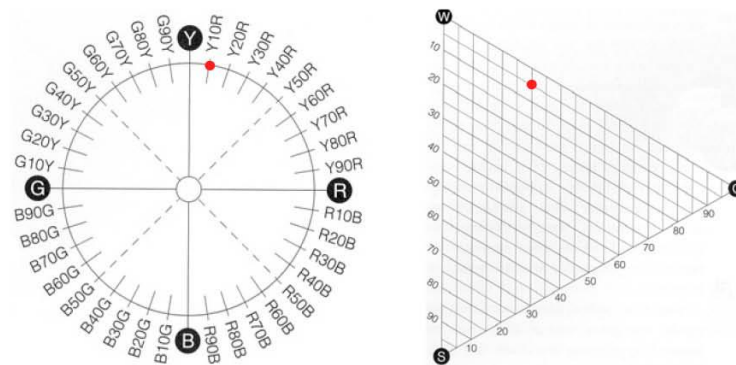
Scheda per la classificazione del colore al variare della finitura superficiale

1. Colore intrinseco

- Codice colore NCS S0530 Y10R (rappresentato da un pallino rosso all'interno del grafico)

2. Colore percepito con finitura opaca (gloss da grado 11 a 30)

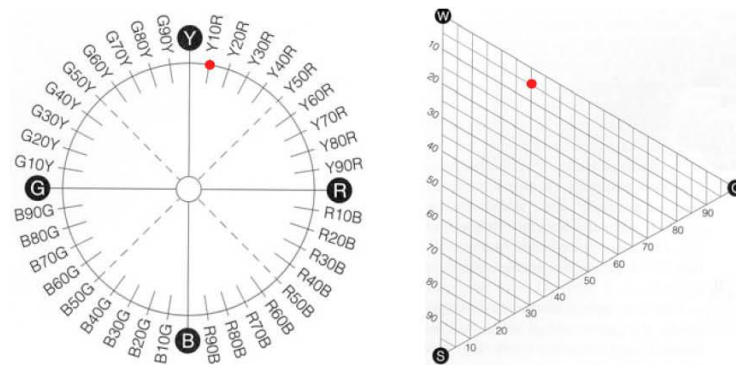
- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

3. Colore percepito con finitura satinata (gloss da grado 41 a 50)

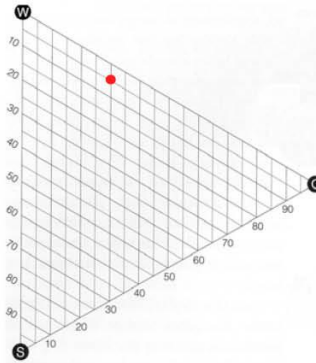
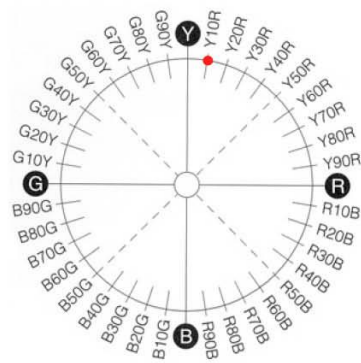
- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

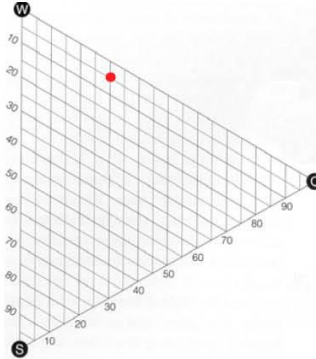
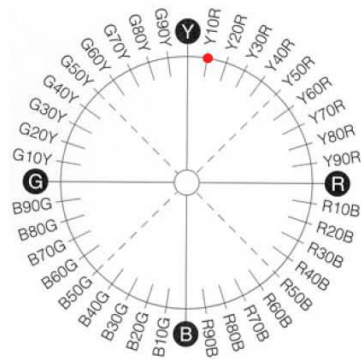
4. Colore percepito con finitura lucida (gloss oltre il grado 80)

- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

5. Sintesi



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

Allegato 8 Scheda per la classificazione del colore al variare della finitura superficiale

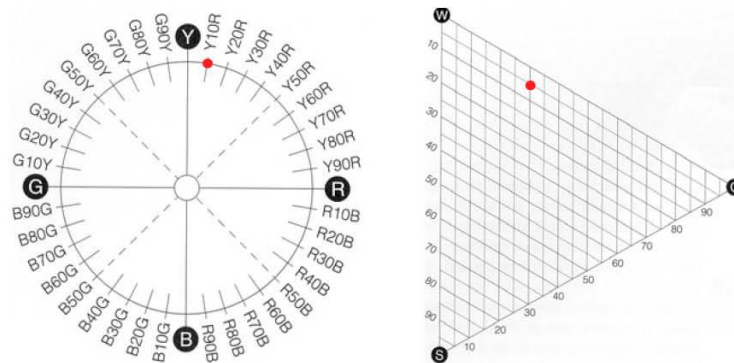
Scheda per la classificazione del colore al variare della granulometria della superficie

1. Colore intrinseco

- Codice colore NCS S0530 Y10R (rappresentato da un pallino rosso all'interno del grafico)

2. Colore percepito con superficie liscia

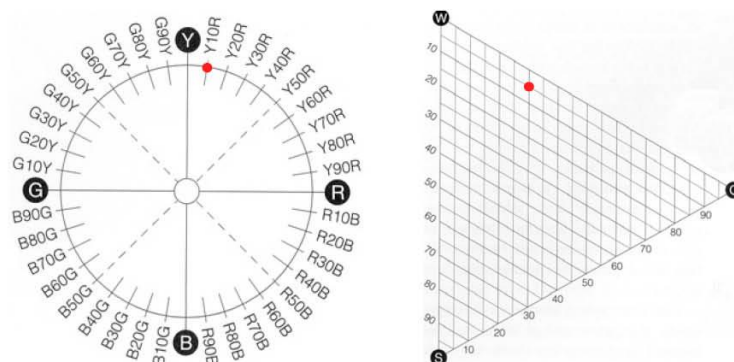
- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

3. Colore percepito con granulometria della superficie 0.06 ÷ 0.3mm

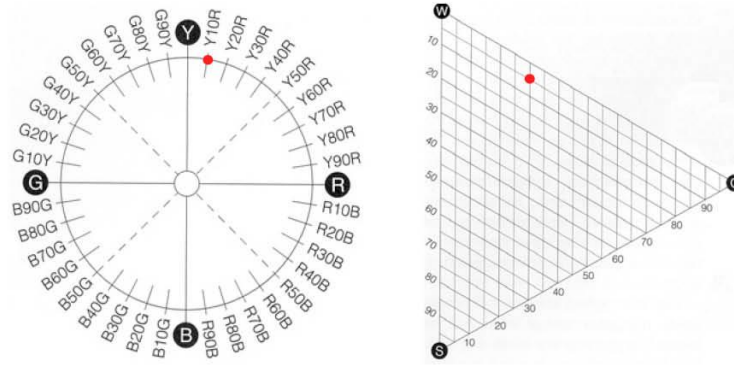
- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

4. Colore percepito con granulometria della superficie 0.3 ÷ 0.8mm

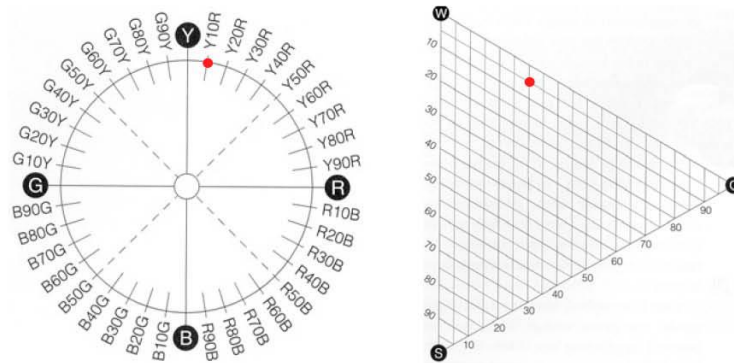
- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

5. Sintesi

- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



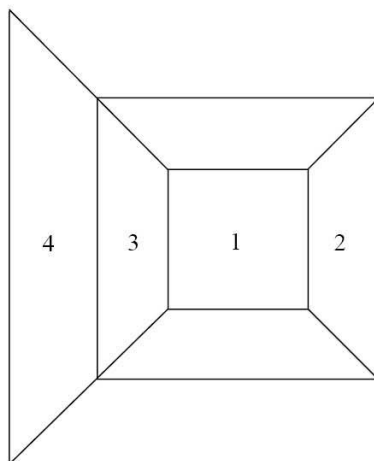
- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

Allegato 9 Scheda per la classificazione del colore al variare della granulometria della superficie

Scheda per la classificazione del colore percepito in presenza dello stesso colore intrinseco su più superfici

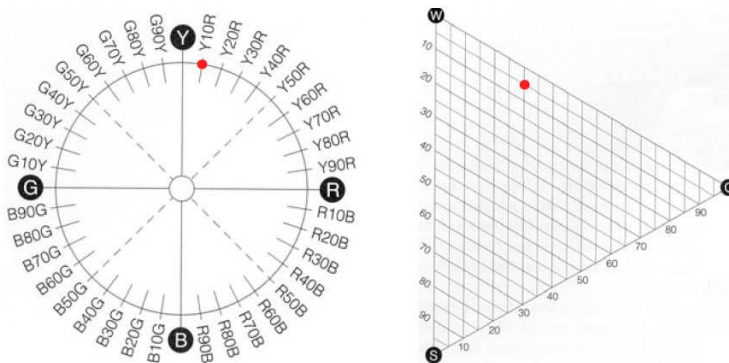
1. Colore intrinseco

- Codice colore NCS: S0530 Y10R (rappresentato da un pallino rosso all'interno del grafico)



2. Colore percepito con colore intrinseco presente sulla parete 1 e 2

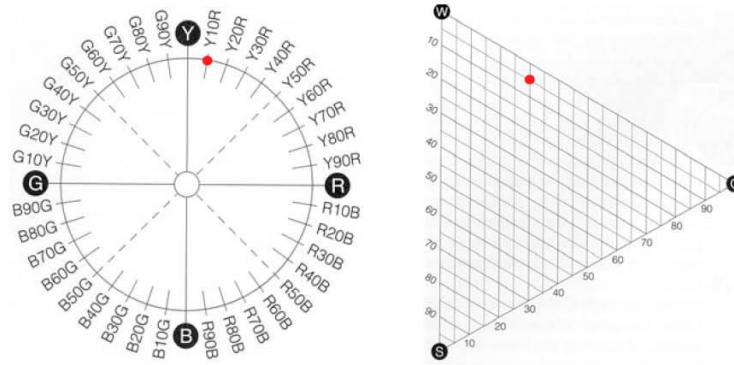
- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

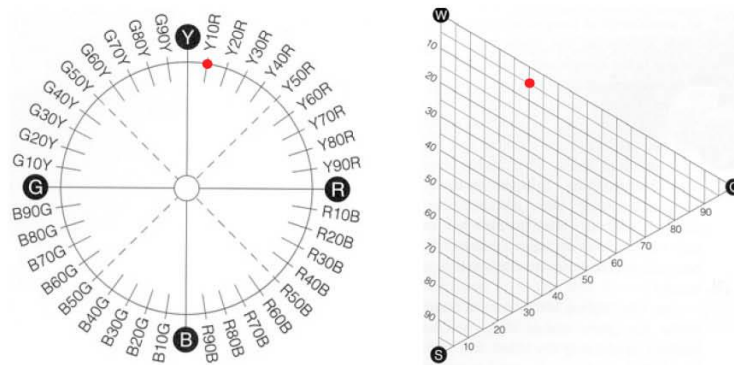
3. Colore percepito con colore intrinseco presente sulla parete 1,2 e 3

- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

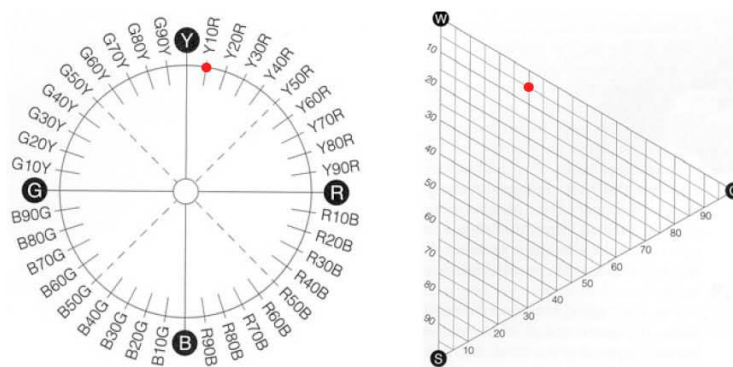
4. Colore percepito con colore intrinseco presente sulla parete 1,2,3 e 4



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

5. Sintesi

- Visualizzazione colore all'interno del cerchio e del triangolo dei colori NCS



- Codice colore NCS (rappresentato da un quadrato nero all'interno del grafico)

Allegato 10 Scheda per la classificazione del colore percepito in presenza dello stesso colore intrinseco su più superfici

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio tutti quelli che mi hanno aiutato nello sviluppo della mia tesi.

In particolar modo Cristina Boeri che soprattutto in quest'ultimo periodo mi ha aiutato molto, naturalmente Mario Bisson che ,come dice lui, mi sopporta ormai da tanti anni.

Ringrazio le altre due presenze importanti del Lab. Colore Gigi Proserpio e Valentina Vezzani , Gigi perché ha reclutato i suoi studenti per fare i miei test e Valentina perché ogni tanto passava libri e collegamenti ad argomenti interessanti.

Non posso dimenticarmi di Gabriele Bartera che oltre ad essere un amico esaudiva tutte le mie richieste quando andavo in colorificio a farmi tingere campioni delle tinte più disparate e che mi ha passato moltissime informazioni sul colore e la sua produzione.

Ringrazio quelle poche ditte che molto gentilmente hanno risposto alle mie richieste fornendomi sia materiale che informazioni, nelle persone di: Ugo Mantellino, Mario Licini e Marisa Galasso.

Ringrazio naturalmente tutti gli studenti e tutti quelli che si sono sottoposti ai miei test.

Ringrazio tutti quelli che mi vogliono bene e che in una maniera o nell'altra in questo mio lungo percorso mi sono stati vicini e mi hanno sostenuto.

BIBLIOGRAFIA

- Sheppard J. Joseph, *Human colour perception : a critical study of the experimental foundation*, American Elsevier, New York 1968.
- Albers Josef, *Interazione del colore*, Pratiche Editrice, Stati Uniti, 1991
- Ridolfi Francesco, *Casa e colore*, Leonardo arte, Milano, 2000.
- Mahnke Frank, *Il colore nella progettazione : l'uso del colore come elemento di benessere nella progettazione dell'ambiente architettonico*, UTET, Torino, 1998.
- Ovio Giuseppe, *La scienza dei colori : visione dei colori*, Hoepli, Milano, 1987.
- Romanello Isabella, *Il Colore: espressione e funzione. Guida ai significati e agli usi del colore in arredamento, architettura e design*, Hoepli, Milano, 2002.
- Frieling Heinrich, Auer Xaver, *Il colore l'uomo l'ambiente : La psicologia del colore e le sue applicazioni*, Edizioni del Castello, Milano, 1962.
- Friedell Anter Karin, *What colour is the red house? Perceived colour of painted facades*, Department of Architectural Forms, Institution of Architecture, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2000.
- Brusatin Manlio, *Storia dei colori*, Piccola Biblioteca Einaudi, Torino, 1999.
- Tornquist Jorrit, *Colore e luce : teoria e pratica*, Ikon, Milano, 1996.

- <http://www.boscarol.com/pages/cs/index.html>
- <http://www.istitutocolore.it/>
-
- <http://www.colordesign.it/>
- <http://anisn.it/scuola/strumenti/visione/>
- <http://www.francescomarino.net/colore/percezione.htm>
- <http://fralenuvol.com/albero/sapere/colori/>
- <http://www.uni-bielefeld.de/lili/kumu/farbenlehre-kueppers/it/sehen23a.html>