

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale

Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale



Tesi di Laurea

**Analisi delle coordinate cromatiche di
componenti plastici per sedili
automobilistici**

Relatore:

Prof. Maurizio Galetto

Candidato:

Orlando Rocca

Sommario

PARTE 1

1. SISTEMA QUALITA' DI LABORATORIO: SCOPO DELLA SUA REALIZZAZIONE.....	PAG.6
2. EVOLUZIONE DELLA NORMAZIONE, DEL CONCETTO DI QUALITA' E LORO DIFFUSIONE A LIVELLO MONDIALE.....	PAG.8
2.1 LA NASCITA.....	PAG.8
2.2 LA DIFFUSIONE IN GIAPPONE ED IN U.S.A.....	PAG.9
2.3 LA DIFFUSIONE IN EUROPA.....	PAG.10
2.4 LE FASI DI SVILUPPO DELLA QUALITA'.....	PAG.12
3. LA NORMAZIONE.....	PAG.13
3.1 LA NORMA: DEFINIZIONE E CARATTERISTICHE.....	PAG.13
3.2 IL VALORE DELLA NORMA OGGI.....	PAG.14
3.3 TIPOLOGIE DI NORMATIVE E RELATIVI CAMPI DI APPLICAZIONE.....	PAG.15
4. LEAR CORPORATION.....	PAG.17
4.1 IL PROFILO, I PRODOTTI, IL MERCATO.....	PAG.17
4.2 LA NASCITA E LA STORIA.....	PAG.17
4.3 LA FILOSOFIA DELLA LEAR E LE SUE STRATEGIE GLOBALI.....	PAG.19
4.4 PERCORSO LEAR RISPETTO ALLO SVILUPPO DELLE NORMATIVE.....	PAG.20

PARTE 2

1. SISTEMA QUALITA'.....	PAG.21
2.1 SCOPO DEL LABORATORIO.....	PAG.21
2.2 POLITICHE DEL LABORATORIO.....	PAG.21
2.3 MANUALE DEL LABORATORIO.....	PAG.22
2. SERVIZI AL CLIENTE.....	PAG.23
2.1 ACCESSO AL LABORATORIO.....	PAG.23
2.2 RISERVATEZZA.....	PAG.23
2.3 VALUTAZIONE DELLA SODDISFAZIONE DEL CLIENTE.....	PAG.23
3. CONTROLLO DELLE ATTIVITA' NON CONFORMI.....	PAG.25
3.1 GESTIONE DEL MATERIALE NON CONFORME.....	PAG.25
3.2 GESTIONE DELLE ATTIVITA' DI PROVA E MISURAZIONE NON CONFORMI.....	PAG.25
4. LUOGO DI LAVORO.....	PAG.26
5. ATTREZZATURE ED APPARECCHIATURE.....	PAG.26
6. EROGAZIONE DEL SERVIZIO: METODI DI PROVA E VALIDAZIONE DEI METODI.....	PAG.29
7. RIFERIBILITA' DELLE MISURE.....	PAG.33

8. ASSICURAZIONE DELLA QUALITA' DEI RISULTATI.....	PAG.33
9. RAPPORTI DI PROVA.....	PAG.34

PARTE 3

1. IL COLORE.....	PAG.36
1.1 GENERALITA' E CENNI STORICI.....	PAG.36
1.2 LA COLORIMETRIA.....	PAG.37
2. ATTRIBUTI PERCETTIVI DEL COLORE.....	PAG.38
2.1 TINTA.....	PAG.38
2.2 SATURAZIONE E CROMA.....	PAG.39
2.3 LUMINOSITA', BRILLANZA O VALORE.....	PAG.40
3. CARATTERIZZAZIONE DEL COLORE.....	PAG.41
3.1 L'OGGETTO E LA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA.....	PAG.41
3.2 L'IMPORTANZA DELLA SCELTA DELL'ILLUMINANTE.....	PAG.44
3.3 L'OSSERVATORE.....	PAG.46
4. MISURAZIONE DEL COLORE E MONDO AUTOMOTIVE.....	PAG.47
4.1 AMBITI, OBIETTIVI ED APPLICAZIONI DELLO STUDIO DI IDONEITA' DEL SISTEMA DI MISURA PER LE VALUTAZIONI DEL COLORE DEI MATERIALI TERMOPLASTICI STAMPATI AD INIEZIONE.....	PAG.47

4.2 IL SISTEMA CIELAB E LA SUA RILEVANZA PER IL SETTORE AUTOMOTIVE.....	PAG.47
4.3 STRUMENTI PER LA MISURA DEL COLORE E LORO IMPIEGO PRESSO LEAR CORPORATION.....	PAG.49
4.4 VALUTAZIONE E SCELTA DELLE METODOLOGIE DI MISURAZIONE PER LEAR CORPORATION.....	PAG.53
4.5 REALIZZAZIONE DELLA NORMA DI PROVA PER LA MISURAZIONE DELLE COORDINATE CROMATICHE PRESSO IL LABORATORIO METROLOGICO DI LEAR CORPORATION.....	PAG.57
4.6 ANALISI DELLE MISURE: VALUTAZIONE DI RIPETIBILITA' E RIPRODUCIBILITA' DEL SISTEMA DI MISURA.....	PAG.61
4.7 AZIONI CORRETTIVE A SEGUITO DI NON CONFORMITA' RILEVATA SULLA VALUTAZIONE DI RIPETIBILITA' E RIPRODUCIBILITA' DEL SISTEMA DI MISURA.....	PAG.71
4.8 VALIDAZIONE E VERIFICA DELL'EFFICACIA DELLE AZIONI CORRETTIVE INTRAPRESE SUL SISTEMA DI MISURA.....	PAG.72

PARTE 1

1. SISTEMA QUALITA' DI LABORATORIO: SCOPO DELLA SUA REALIZZAZIONE

Lo scenario internazionale è stato stravolto ultimamente da mutamenti tecnologici, politici ed organizzativi e lo sarà sempre più negli anni a venire. Dalla metà degli anni '80, infatti, stiamo assistendo a:

- ◆ Cambiamenti nelle strategie competitive: è evidente il passaggio da un mercato dell'offerta ad un mercato della domanda, in cui il cliente sceglie in modo critico nell'ambito della vasta gamma di prodotti/servizi che gli è offerta;
- ◆ Cambiamenti nelle tecnologie, sia di processo sia di prodotto (ad esempio, la creazione di sistemi di progettazione e di produzione assistiti dal computer);
- ◆ Cambiamenti nelle logiche organizzative e gestionali, tra cui la Qualità Totale.

La Qualità è uno strumento ed al tempo stesso un obiettivo di un'azienda che si propone la ricerca dell'eccellenza. Si basa su una serie di idee chiave:

- ◆ La soddisfazione delle attese del cliente;
- ◆ Il miglioramento continuo;
- ◆ La qualità dei processi in base al principio clienti/fornitori interni;
- ◆ Il coinvolgimento dell'intero sistema organizzativo.

Essa costituisce, quindi, un approccio culturale, manageriale ed operativo alla gestione delle organizzazioni, ormai consolidato e collaudato da qualche tempo nelle imprese di tutto il mondo, dove ha assunto la dimensione di un movimento che ha rivoluzionato le basi dei tradizionali approcci, grazie soprattutto al fatto di aumentare fortemente la competitività aziendale.

Quest'ultima può essere definita globale e totale, nel senso che l'azienda deve aspettarsi concorrenza da chiunque, da qualunque parte del mondo e su ogni aspetto del business. La qualità diventa dunque una scelta obbligata in una competizione che in Europa si posiziona su elevati livelli di valore aggiunto, data la concorrenza dei paesi asiatici che operano a livelli di costo del lavoro estremamente bassi.[1]

Nell'ambito delle imprese, la qualità non riguarda solo il processo (sia esso produttivo di beni che di servizi), ma deve coinvolgere sia i processi a valle che a monte, ovvero la progettazione, la scelta dei materiali di base e delle apparecchiature, la rete dei fornitori, l'organizzazione del lavoro ecc...

Poiché quindi essa non è solo legata al prodotto/processo ma anche al servizio offerto al cliente, è totalmente mirata ad esso (anche le aree aziendali che non hanno rapporti diretti con gli utenti finali) ed alla sua soddisfazione.

I clienti richiedono prestazioni in termini di flessibilità, tempestività ed efficacia; sorge dunque il bisogno del management di controllare nuove voci tra cui i livelli qualitativi raggiunti, i tempi di consegna/risposta al cliente, i tempi di d'introduzione di un nuovo prodotto/servizio, i costi correlati alla mancata risposta ai requisiti richiesti dal cliente ecc...

La qualità deve investire l'intera impresa e divenire un processo di gestione per la stessa. E dunque le norme, che ne delincono e prescrivono le metodologie di lavoro ed i campi di applicazione, oltre ad essere i primi e più convenienti strumenti per il trasferimento tecnologico e dell'innovazione, aiutano:

- ❖ Le imprese a realizzare prodotti sempre più durevoli, sicuri, ambientalmente compatibili e quindi ad essere più competitive sui mercati;
- ❖ Gli impiegati a prestare la propria opera in condizioni di lavoro sicure, ergonomiche ed efficaci;
- ❖ Le aziende, compresa la Pubblica Amministrazione, ad erogare servizi in modo più efficace ed efficiente;
- ❖ I consumatori a “consumare meglio” scegliendo prodotti e servizi “a norma”.

Le norme infatti attraversano tutti i campi della nostra esistenza sociale ed i vantaggi, sia per il singolo che per il sistema, sono sotto gli occhi di tutti.

A puro titolo esemplificativo, possiamo considerare l'efficacia della normazione nella dimensione e disposizione dei dati nelle carte di credito, alla sicurezza dei giocattoli, dei parchi giochi e delle attrezzature per i bambini, alla sicurezza degli impianti domestici, alla correttezza delle analisi cliniche, all'affidabilità delle componenti di un'autovettura, e così via.

Appare dunque indubbio come la “Qualità Totale” deve permeare ed essere patrimonio di ogni tipo di impresa, quale requisito fondamentale per la bontà del servizio anche di un Laboratorio, sia esso di qualsiasi tipo. E l'importanza dello sviluppo di un Sistema per la Gestione della Qualità diviene ogni giorno più evidente, soprattutto in Europa.

Qui, difatti, coadiuvata dall'eliminazione delle dogane, la libera circolazione dei prodotti da un paese all'altro è sempre più condizionata dall'esistenza di rapporti di prova emessi da Laboratori accreditati, in modo da consentire di evitare la ripetizione di analisi e prove nei vari paesi di esportazione. Questo approccio ha visto un ulteriore rafforzamento con lo stabilirsi di accordi di mutuo riconoscimento tra gli Organismi di Accreditamento dei Laboratori, come “verificatori” dell'applicazione di comuni normative suggellate a livello internazionale.

2. EVOLUZIONE DELLA NORMAZIONE, DEL CONCETTO DI QUALITÀ E LORO DIFFUSIONE A LIVELLO MONDIALE

2.1 LA NASCITA

Non esiste gioco senza regole.

Le regole sono antiche come l'umanità: qualunque sia il "gioco", non se ne può fare a meno. Quando l'uomo ha scoperto di non essere solo sulla Terra, ha contestualmente dovuto usare una primitiva forma di regola per poter avviare una convivenza pacifica; con ogni probabilità, la prima regola fu relativa al "gioco del linguaggio", per capirsi e comunicare.

Esempio oltremodo calzante della nascita del concetto di Qualità si evince dall'Epoca del Baratto, ove la qualità implicita dello scambio assume un posto di rilievo derivando però dall'aspetto valutativo "soggettivo", mentre quello vero e proprio di controllo si ravvisa con l'introduzione della moneta, quando il committente esegue le verifiche ed i collaudi per valutare le conformità del prodotto ai requisiti richiesti.

In aggiunta, possiamo già trovare episodi di razionalizzazione che assumono un vero e proprio carattere normativo verso il 1600 a.C., in Egitto, dove furono stabilite precise dimensioni per i mattoni (il bipedalis ed il sesquipedalis). Anche le famose strade dell'Impero Romano erano normate in ampiezza (2,75 m).

Ma la normazione, pur ancora priva di basi scientifiche, cominciò a ravvisarsi come tale nel Medioevo, in cui le corporazioni fissarono un sistema di regole che garantivano la conformità dei prodotti forniti ai clienti e trovò in seguito ampie applicazioni con l'avvento della Rivoluzione Industriale, nel XVIII secolo. A partire da allora, infatti, il diffondersi della realizzazione e dell'applicazione di macchinari impose, da un lato l'intercambiabilità dei pezzi, dall'altro veri e propri elementi normalizzati quali, ad esempio, le filettature, gli attacchi delle pompe antincendio, ecc.

Il concetto, invece, di Qualità Totale nacque come tale negli anni venti, con le Tecniche di Controllo Statistico della Qualità, come schematicamente evidenziato in figura 1.

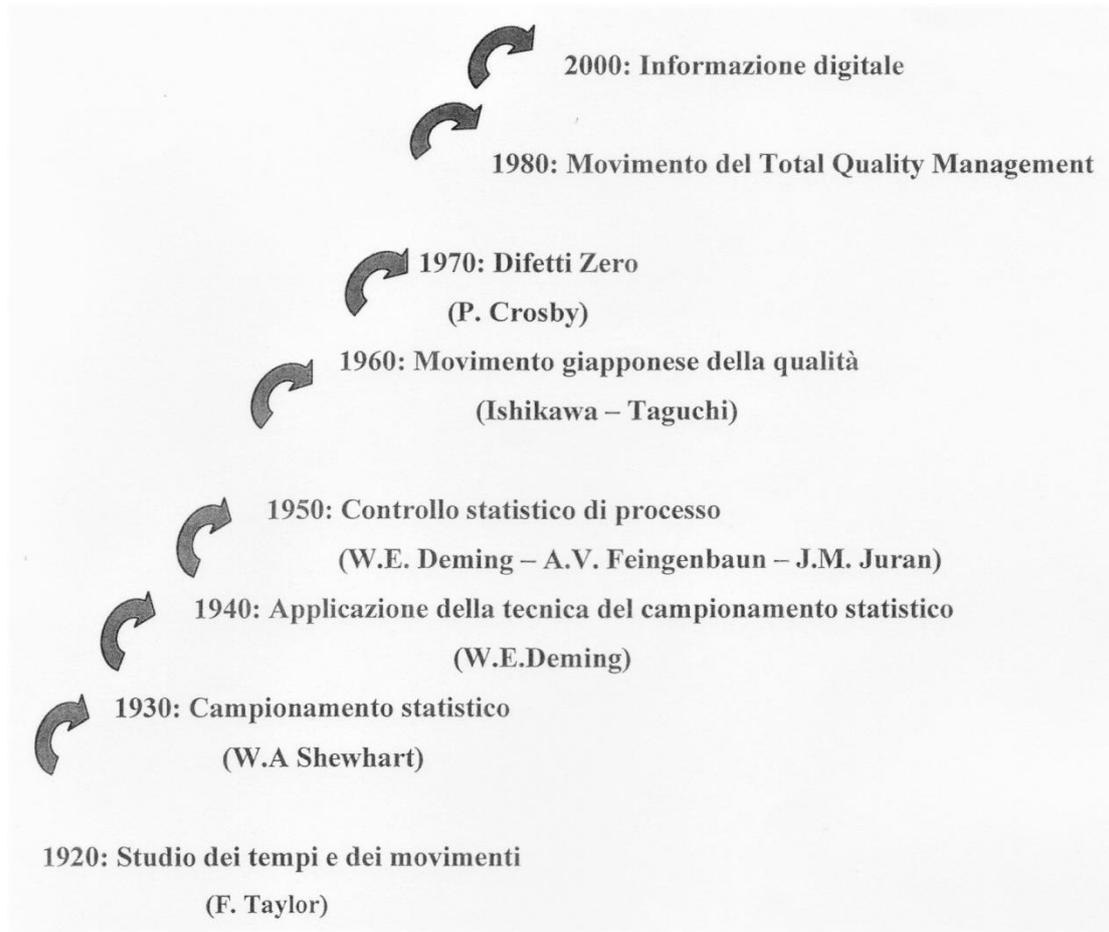


Fig.1: L'evoluzione delle filosofie di gestione del cambiamento [4].

2.2 LA DIFFUSIONE IN GIAPPONE ED IN U.S.A.

Queste tecniche si diffusero maggiormente per soddisfare le esigenze belliche della Seconda Guerra Mondiale. Dopo la fine di questa, il generale Mac-Arthur, governatore del Giappone, dovette decidere se mantenere o meno ai vertici delle imprese i dirigenti che avevano contribuito alla militarizzazione del Giappone, portandolo alla disfatta. A differenza di quanto era successo in Germania, dove era stato deciso di mantenere la vecchia classe dirigente, per non rendere ancor più tragica la situazione, in Giappone fu preferita la soluzione di puntare su persone nuove. E questa fu, probabilmente, la chiave del successo: l'industria giapponese, infatti, si trovò completamente aperta e sensibile alle nuove idee.

Nel 1950 il Sindacato degli Scienziati e degli Ingegneri Giapponesi chiese a W.E. Deming di esprimere le sue opinioni circa l'utilizzo della statistica quale mezzo di controllo della qualità.

Nel 1965 Kaoru Ishikawa, guru del movimento giapponese per la qualità, ha diffuso il concetto operativo della Carta di Controllo.

Nel 1984 Deming, Juran, Crosby ed altri studiosi introdussero un nuovo approccio del management denominato Total Quality Management o Gestione della Qualità Totale.

In U.S.A., intanto, benchè già dal 1959 il Dipartimento della Difesa emise la Norma 8450 al fine di regolamentare e superare i problemi legati alla Qualità nei settori “ad alto rischio” come il Nucleare e l’Aerospaziale, tra la fine degli anni settanta e gli inizi degli anni ottanta numerose aziende americane appartenenti agli altri settori industriali, si accorsero di essere meno competitive delle imprese giapponesi, che offrivano prodotti innovativi, di alta qualità ed a prezzi concorrenziali. Un altro vantaggio competitivo dei giapponesi era rappresentato dalla capacità innovativa: mentre in Giappone i prodotti avevano una vita media di 4 anni, in America avevano una vita media di 10 anni.

Le aziende americane furono le prime a reagire perchè furono le prime ad essere attaccate dalle imprese giapponesi ed in breve tempo la Qualità Totale divenne modello importante, che portò alla realizzazione di prodotti a prezzi concorrenziali prima nel settore manifatturiero, poi nel settore dei servizi.

Con la “scoperta della qualità” apparvero articoli sulla stampa e riviste specializzate e si pubblicarono numerosi libri che spiegavano l’organizzazione manageriale giapponese.

Inizialmente, solo grandi aziende riuscirono ad applicare correttamente la Qualità Totale con buoni risultati (AT&T, Ford, Motorola, Xerox).

2.3 LA DIFFUSIONE IN EUROPA

In Europa la situazione è diversa in quanto le aziende sono maggiormente protette dalle norme istituite nell’Unione Europea.

L’Europa è in ritardo di almeno 5-6 anni rispetto agli Stati Uniti: ciò è stato anche influenzato dalla crisi economica degli anni ‘92 e ‘93. Un altro fattore che ha inciso in misura rilevante consiste nella variegata realtà europea, ovvero nella diversa storia economica, politica e sociale dei vari paesi. La differenza sostanziale tra Stati Uniti ed Europa è evidenziata da Juran, che nel 1994 afferma che negli U.S.A. esistono delle “World-Class Quality”, cioè dei modelli a cui le imprese possono ispirarsi per applicare la Qualità Totale. In Europa questi modelli sono limitati.

Nel contempo alcuni governi, come quello francese, capirono intelligentemente che gli aiuti economici non sarebbero serviti se non accompagnati da un intervento propositivo e di miglioramento professionale sul management e, seguendo l’esempio americano, misero la statistica al servizio dell’impresa. Nel 1957 nasce l’AFCQ, un’associazione che ha l’obiettivo di sviluppare la gestione della qualità nel paese, come sostegno delle imprese pubbliche e private.

Negli ultimi trenta anni vi è stato un fiorire di iniziative di associazioni specialistiche come AFNOR, AFQ, ANAV, per insegnare le metodologie di gestione della qualità. Tutto questo segna il grande cammino della Francia nel campo della qualità. Aspetto

significativo, in relazione al movimento americano, è lo sviluppo delle tematiche delle risorse umane, con l'ampio spazio all'uomo e la necessità di porlo come attore nello sviluppo della qualità.

Percorso simile è stato quello dell'Inghilterra, dove nel 1982 è stato pubblicato il libro "Standards, Quality and International Competitiveness", mentre l'anno seguente è stata lanciata per la prima volta nel mondo occidentale una Campagna Nazionale per la Qualità, condotta dal Primo Ministro Margaret Thatcher. Nello stesso anno il Governo finanziò nuovi schemi di certificazione o miglioramento con conseguente nascita di nuove strutture di certificazione. Nel 1986 ci fu il rilascio del primo certificato di accreditamento.

L'Inghilterra, inoltre, ha avuto un ruolo particolarmente incisivo nello sviluppo delle leggi statistiche e matematiche applicate al mondo industriale. Uno dei capiscuola della qualità inglese è Sir Ronald Fisher. Le sue metodologie sono state adottate dalla maggior parte dei paesi nel campo dell'agricoltura, della biologia e dell'industria.

La Germania ha fatto opera di promozione di metodi e tecniche per la qualità fin dai primi anni '50. L'Associazione Tecnica-Professionale tedesca, DGQ, è stata fondata nel 1952 e si è sempre distinta per essere all'avanguardia in Europa per la formazione di manager e tecnici a tutti i livelli. Recentemente, e con significativi risultati, gli sforzi sono stati concentrati sulla certificazione del personale che svolge le attività di verifica ispettiva (ispettori) o di sistemi aziendali per la qualità.

Anche in Italia si comincia a parlare di qualità con una certa frequenza negli anni '50, ma limitatamente agli aspetti statistici. Nel 1955 nasce l'Associazione Italiana per il Controllo della Qualità, AICQ, con l'obiettivo di diffondere il controllo statistico della qualità nelle aziende italiane. Ma è solo negli anni '70, periodo della crisi energetica, che si comincia a parlare, soprattutto nelle grandi aziende, di qualità. Questo rappresenta il passaggio dal controllo statistico al concetto di assicurazione della qualità. Negli anni '80 alcune grosse aziende (Pirelli, Olivetti, Fiat,...) accelerano alcuni processi sulla qualità, ma in un contesto elitario, mediante la costituzione dell'European Foundation for Quality Management (EFQM). Le cause del ritardo della qualità italiana, rispetto agli altri paesi, sono molteplici e dipendono soprattutto dalla limitata estensione culturale e promozionale della qualità.[5]

2.4 LE FASI DI SVILUPPO DELLA QUALITA'

Dunque, esaminando lo sviluppo storico del concetto di Qualità, si possono evidenziare una serie di evoluzioni mentali e metodologiche che possono essere così schematizzate:

- Il Controllo Qualità nel processo serve solo a separare i prodotti buoni dagli scarti (fino agli anni '50);
- Adozione di un approccio che porta il Cliente all'interno dell'impresa, creando uno stretto legame fra questi ed il suo fornitore (concezione di Deming);
- Cambio di mentalità per cui la responsabilità della qualità non è più solo relegata alla "Produzione", ma diviene responsabilità di tutta l'organizzazione, management compreso ("Breakthrough del Management" di Juran);
- Definizione ed applicazione di sistemi dinamici della qualità, ovvero che toccano obiettivi di miglioramento continuo e tematiche essenziali, quali la centralità del cliente interno (risorse umane) e del cliente esterno (fase attuale).[4]

3. LA NORMAZIONE

3.1 LA NORMA: DEFINIZIONE E CARATTERISTICHE

Il termine “Norma” sta a significare la specifica tecnica approvata da un organismo riconosciuto a svolgere attività normativa per applicazione ripetuta o continua, la cui osservanza non sia obbligatoria per legge e che appartenga ad una delle seguenti categorie:[8]

- Norma internazionale (ISO)
- Norma europea (EN)
- Norma nazionale (UNI)

Esse sono dunque documenti che definiscono le caratteristiche (dimensionali, prestazionali, ambientali, di sicurezza, di organizzazione, ecc.) di un prodotto, processo o servizio. Le loro caratteristiche peculiari possono essere delineate e riassunte nel modo seguente:

- **CONSENSUALITA'**: deve essere approvata con il consenso di coloro che hanno partecipato ai lavori;
- **DEMOCRATICITA'**: tutte le parti economico/sociali interessate possono partecipare ai lavori e, soprattutto, chiunque è messo in grado di formulare osservazioni nell'iter che precede l'approvazione finale;
- **TRASPARENZA**: UNI segnala le tappe fondamentali dell'iter di approvazione di un progetto di norma, tenendo il progetto stesso a disposizione degli interessati;
- **VOLONTARIETA'**: le norme sono un riferimento che le parti interessate si impongono spontaneamente.

Le norme, oltre che dai numeri, sono identificate da sigle. Dalla sigla si può capire da chi sono state elaborate e qual è il livello di validità. Le principali sigle che le caratterizzano sono:

- **UNI**: contraddistingue tutte le norme nazionali italiane e nel caso sia l'unica sigla presente significa che la norma è stata elaborata direttamente dalle Commissioni UNI o dagli Enti Federati;
- **EN**: identifica le norme elaborate dal CEN (Comitato Europeo di Normazione). Le norme EN devono essere obbligatoriamente recepite dai paesi membri CEN e la loro sigla di riferimento diventa, nel caso dell'Italia, UNI EN. Servono ad uniformare la normativa tecnica in tutta Europa.
- **ISO**: individua le norme elaborate dall'ISO (International Organization for Standardization). Queste norme sono un riferimento applicabile in tutto il mondo. Ogni paese può decidere se rafforzarne ulteriormente il ruolo adottandole come

proprie norme nazionali, nel qual caso in Italia la sigla diventa UNI ISO (o UNI EN ISO se la norma è stata adottata anche a livello europeo).

Le norme “EN”, elaborate su richiesta della Commissione Europea e citate in appositi elenchi nella Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea, vengono dette “armonizzate”. Le norme armonizzate sono un importante supporto per il rispetto delle Direttive Comunitarie, in quanto costituiscono un fondamentale riferimento per progettare e produrre beni/servizi che possano circolare liberamente nel mercato europeo.[2]

3.2 IL VALORE DELLA NORMA OGGI

A volte l’argomento trattato dalle norme ha un impatto così determinante sulla sicurezza del lavoratore, del cittadino o dell’ambiente, che le Pubbliche Amministrazioni fanno riferimento ad esse richiamandole nei documenti legislativi e trasformandole, quindi, in documenti cogenti.

In ogni caso, mano a mano che si diffonde l’uso delle norme come strumenti contrattuali e che, di conseguenza, diventa sempre più vasto il riconoscimento della loro indispensabilità, la loro osservanza diventa quasi “imposta” dal mercato.

E’ proprio la progressiva trasformazione dei mercati da locali/nazionali ad europei ed internazionali che ha portato ad una parallela evoluzione della normativa da nazionale a sopranazionale, con importanti riconoscimenti anche dal WTO (World Trade Organization).

Da qui la vasta partecipazione di paesi (oltre 100) alle attività dell’ISO e l’importanza che le sue norme, pur essendo di libero recepimento da parte degli organismi di normazione suoi membri, rivestono sui mercati mondiali.

A differenza dell’ISO, il mondo europeo della normazione è strettamente interrelato con un corpo sempre più completo di direttive dell’Unione Europea e ha dovuto, quindi, darsi regole interne più rigide: gli organismi di normazione membri del CEN sono infatti obbligati a recepire le norme europee ed a ritirare le proprie, se contrastanti. In tale contesto è evidente che l’attività normativa nazionale si sta via via limitando a temi più specificatamente locali e sta sempre più organizzando le proprie risorse per contribuire alle attività europee ed internazionali.

Dal principio del secolo ad oggi, l’evoluzione della normazione non si è solo concretizzata in un allargamento di orizzonti geografici: la normazione ha infatti subito anche una sensibile evoluzione concettuale, che l’ha portata ad abbracciare significati sempre più ampi.

Oggi l’attività di normazione ha per oggetto anche la definizione dei processi, dei servizi e dei livelli di prestazione, intervenendo così in tutte le fasi di vita del prodotto e nelle attività di servizio.

L'utilizzo delle normative è di fondamentale importanza, dunque, perchè concorre a:

- **Ridurre i costi**, unificando i servizi, razionalizzando le attività di impresa, ampliando il parco fornitori, armonizzando componenti/processi/sistemi;
- **Sviluppare l'economia**, garantendo la conformità dei prodotti alle norme nazionali dei paesi di destinazione (norme EN ed ISO), armonizzando regole e procedure ed eliminando gli ostacoli tecnici, in quanto sono una forma immediata ed economica di trasferimento tecnologico. Inoltre, vengono utilizzate dalle organizzazioni del commercio internazionale (ad esempio il WTO) come riferimento per l'abolizione delle barriere non tariffarie;
- **Migliorare la comunicazione**, facilitando la stipulazione dei contratti ed ottimizzando il rapporto clienti/fornitori;
- **Fornire un supporto al legislatore**, demandando alle norme la definizione di requisiti tecnici;
- **Aumentare la tutela della sicurezza e dell'ambiente**, contribuendo alla sicurezza dei lavoratori, garantendo la progettazione e la fabbricazione di prodotti sicuri, fornendo al mercato strumenti di gestione ambientale e metodi di prova riconosciuti.[7]

3.3 TIPOLOGIE DI NORMATIVE E RELATIVI CAMPI DI APPLICAZIONE

Le normative possono essere classificate sulla base della caratteristica che viene unificata: si hanno, allora, norme terminologiche, norme che descrivono processi, metodi di calcolo o di prova, norme che caratterizzano i prodotti/servizi su base prestazionale e così via. In questo variegato ed ampio panorama applicativo delle norme, ci soffermiamo a valutare brevemente i più diffusi campi di azione delle stesse, al fine di verificare come, al di là dell'argomento che la norma specifica va a definire e dei soggetti cui fa riferimento, le linee guida e gli obiettivi sono gli stessi per tutte.

E così, in parallelo all'approccio dei Sistemi di Gestione per la Qualità per l'automotive, se ne sono sviluppati di analoghi. Dunque si osservano le "specifiche di settore", ad esempio per quanto concerne:

- Il settore ambientale, con la serie normativa che fa capo alla UNI EN ISO 14001;
- La sicurezza e salute dei lavoratori, con la normativa OHSAS 18000;
- Il settore dei trasporti, con l'edizione di normative sulla gestione per la qualità (UNI EN 12507) e per il trasporto dei beni pericolosi (UNI EN 12798);

- Quello dell'information technology, che vede in campo la UNI CEI ISO/IEC 90003;
- Il ramo delle aziende agricole, con l'applicazione della norma UNI 11219;
- Il campo petrolifero, petrolchimico e del gas naturale, accomunati nella UNI ISO/TS 29001;
- Il settore dei laboratori di misura, prova ed analisi, con la UNI CEI EN ISO/IEC 17025;
- I servizi della sanità, che vedono una numerosa emissione di normative, sia a riguardo del Sistema di Gestione Qualità (UNI CEN/TS 15224), sia per specifici argomenti come, ad esempio, quello dei dispositivi medici (UNI EN ISO 13485);
- Il campo alimentare, ove l'Unione Europea ha scelto di raggiungere un elevato livello di tutela, applicando i principi della Qualità. Tale veloce sviluppo ha trovato forte adesione sulla pressante spinta delle vicende avvenute negli ultimi vent'anni, che hanno creato nell'opinione pubblica un rilevante allarme sociale, colpendo tutta la catena di fornitura (produttori, trasformatori, trasportatori), per citarne qualcuna, l'influenza aviaria e la mucca pazza. E dunque, è stata emessa la UNI EN ISO 22005, nonché specifici standards per poter garantire la sicurezza del prodotto, quali l'IFS (International Food Standard), richiesto in Francia e Germania, il BRC (British Retail Consortium), necessario in Gran Bretagna, ed un Piano di Autocontrollo Igienico (HACCP), riconosciuto a livello europeo.

In campo automobilistico si è assistito, fin dagli inizi degli anni '80, ad un proliferare di normative a livello di casa costruttrice automobilistica, che ha visto l'obbligo dei fornitori delle stesse ad uniformarsi ed essere sottoposti a verifica valutativa ispettiva da parte di ogni cliente, con notevole dispendio di energie in termini di lavoro, tempo e costi.

A partire, però, dagli anni '90, in seguito all'introduzione della nuova normativa di riferimento internazionale da parte dell'ISO, tali strumenti di valutazione specifici delle aziende dovettero necessariamente essere adeguati. Il primo pensiero fu ovviamente quello di cominciare ad individuare strumenti comuni e condivisi tra grandi fornitori, clienti e car-makers.

In Italia fu deciso di affidare la messa a punto di un unico strumento di valutazione ad uno specifico gruppo di lavoro formato dalle case costruttrici e da rappresentanti di fornitori, coordinato dall'ANFIA (Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica). Tale evoluzione, naturalmente, non coinvolse solo l'ambito italiano, in quanto in tutti i paesi dove erano presenti produttori auto sorsero contemporaneamente attività di armonizzazione e confronto, curate dalle locali associazioni nazionali rappresentanti car-makers e fornitori.

In tale contesto, infine, come logica conseguenza del lavoro di armonizzazione attuato, venne avviata a partire dal 1996 un'ulteriore razionalizzazione tra le normative europee ed americane prima, ed asiatiche poi, mediante la costituzione dell'associazione mondiale IATF (International Automotive Task Force). Il frutto del suo lavoro è stato presentato, condiviso ed approvato dall'ISO come specifica tecnica: nacque così l'attuale ISO/TS 16949, con le successive edizioni migliorative, ad oggi applicata a livello mondiale.

4. LEAR CORPORATION

4.1 IL PROFILO, I PRODOTTI, IL MERCATO

La Lear Corporation è un gruppo internazionale che progetta e produce sistemi integrati per interni autoveicoli. Lear è il leader mondiale nella produzione di sedili ed interni per autoveicoli e di sistemi elettrici ed elettronici di distribuzione. E' il 5° fornitore al mondo di sedili in campo automotive ed uno dei primi di interni nello stesso settore, fornendo le più importanti case automobilistiche del mondo, come ad esempio Toyota, Daimler, FCA, General Motors, Volkswagen ecc.

La sede centrale è situata negli Stati Uniti a Southfield (Michigan), gli headquarters europei a Sultzbach (Germania) e quelli della divisione italiana a Grugliasco (Torino). Lear conta circa 165000 dipendenti distribuiti in 257 stabilimenti, situati in 39 paesi del mondo. In particolare, le sue sedi sono collocate per circa il 50% nel continente americano e per oltre il 30% in Europa.

Per quanto riguarda l'Italia, i siti produttivi sono dislocati ovunque vi sia una corrispondente unità di produzione del Gruppo FCA/Ferrari/Maserati.

Lear Corporation è al 151° posto della lista delle 500 migliori imprese mondiali stilata da Fortune ed è quotata presso la Borsa di New York.

La sola divisione italiana impiega oltre 2200 dipendenti, con un fatturato annuo che supera il mezzo miliardo di euro. La sua produzione serve i marchi FCA, Lancia, Alfa Romeo, Pininfarina, Maserati e Ferrari.

4.2 LA NASCITA E LA STORIA

Nel 1917 viene fondata a Detroit (Michigan) AMP (American Metal Products) per la fabbricazione di ossature per i sedili per autoveicoli.

Dopo cinquant'anni di lavoro di consolidamento, nel 1966 inizia un tempo di forte espansione, il cui cardine è caratterizzato dalla fusione con Lear Siegler Inc. per formare così la più grande industria nazionale di autoveicoli. Si assiste dunque all'avvio dell'ampliamento dei confini aziendali al di fuori degli U.S.A., con una serie

di acquisizioni fra le quali No-Sag Germany e Cisa (Messico), No-Sag France e Probel (Brasile), Join-Venture Treves/Lear (Canada) e Joint-Venture Con Nhk (Giappone).

A partire dal 1982 viene introdotto il Just In Time (JIT) con alcuni clienti automotive ed il decennio successivo viene cambiata la ragione sociale in Lear Seating Corporation. Sempre negli anni '90 Lear apre lo European Technical Center a Rietberg (Germania) e sei stabilimenti JIT in Europa: ora l'azienda supera le 60 unità operative in 10 paesi.

Prosegue ancora la sua espansione in Italia: in seguito alla fusione Magneti Marelli-Gilardini, definisce l'acquisizione della S.E.P.I. (Sedili Pisani). La Lear ha così 8 stabilimenti in Italia (Orbassano, Bruino, Grugliasco, Novara, Pozzilli, Frosinone, Caivano, Melfi) e 3 in Polonia.

Nel 1995 SEPI SpA muta la ragione sociale in Lear Seating Italia SpA ed acquisisce la società di componentistica per autoveicoli Automotive Industries Holding Inc.

Lear Seating Corporation diventa società di produzione di sistemi integrati per interni vettura e cambia nuovamente la ragione sociale in Lear Corporation.

Proseguono le acquisizioni che riguardano l'Italia, dove entrano a far parte del gruppo Lear:

- Il Gruppo Pianfei;
- Strapazzini e Resine S.r.l.;
- Delphi;
- Gli stabilimenti Ovatex di Villastellone (TO) e Valpadana Sud di Bellizzi (SA).

Infine, con l'acquisizione della United Technologies Automotive (UTA), compagnia multinazionale americana con circa 40000 dipendenti, il personale Lear Worldwide supera così le 160000 unità con un fatturato globale di oltre 12 miliardi di dollari.

Al fine di meglio gestire la vasta organizzazione, Lear si riorganizza a livello mondiale secondo le 3 principali aree produttive: area sedili, area interni, area elettrica ed elettronica. Vengono così costituite:

- La ISD (Interior Systems Division)
- La SSD (Seat Systems Division)
- La EED (Electric and Electronic Division)
- La CFD (Customer Focused Division)

4.3 LA FILOSOFIA DELLA LEAR E LE SUE STRATEGIE GLOBALI

La politica dell'impresa è di mantenere l'attenzione focalizzata al cliente, di ridurre i suoi debiti verso l'esterno e di controllare i mutamenti del mercato, adeguandosi velocemente ad essi. L'obiettivo principe è la soddisfazione del cliente esterno e la soddisfazione del cliente interno.

Relativamente alle sue prospettive future, essa è diretta a consolidare la fornitura di un sistema integrato di interno vettura, dunque costituito da sedili e interni nella sua totalità.

Attraverso una strategia di miglioramento continuo e lavoro di gruppo, Lear Corporation è impegnata a raggiungere i più alti standard industriali per qualità, valore, servizio e tecnologia. In effetti, nella realtà, l'impegno e la cura che mette nelle sue filosofie operative si sono dimostrati gli elementi chiave per il successo del suo lavoro:

- Comprendere i bisogni dei clienti e del loro utente finale;
- Utilizzare efficacemente il talento del personale;
- Focalizzare continuamente le esigenze e le aspettative dei consumatori;
- Creare un buon clima aziendale;
- Equilibrare le risorse per massimizzare il profitto degli investimenti degli azionisti. L'attuale obiettivo strategico è l'incessante progresso nel campo dell'innovazione automobilistica.

Per mantenere il suo posizionamento nel mercato mondiale, la Lear ha una strategia globale definita, ma flessibile:

- Investire nella qualità, nella tecnologia e nell'innovazione del prodotto;
- Mantenere la posizione di produttore a costi competitivi;
- Trarre vantaggio dalle relazioni con i clienti.

4.4 PERCORSO LEAR RISPETTO ALLO SVILUPPO DELLE NORMATIVE

Di seguito, in figura 2, si riassumono schematicamente i passi del cammino progressivo di Lear verso l'applicazione e certificazione di conformità alle norme che via via si sono sviluppate in ottica di miglioramento continuo delle stesse.

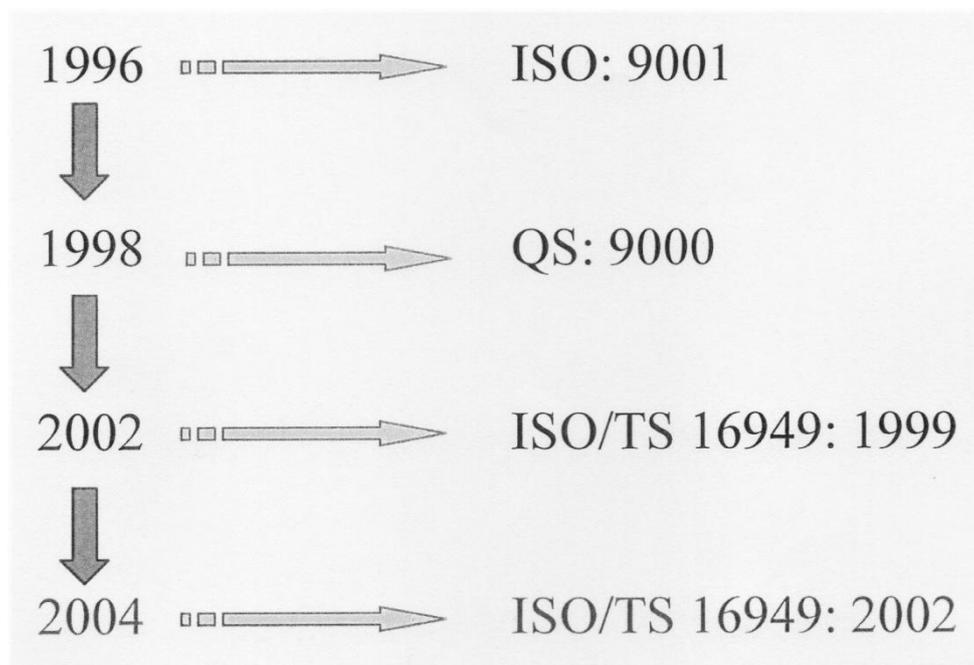


Fig.2: Lear, le normative e la Certificazione [6].

PARTE 2

1. SISTEMA QUALITA'

Il Sistema di Gestione per la Qualità del Laboratorio è composto di:

- Politiche e Mission;
- Manuale della Qualità;
- Procedure Generali;
- Procedure Interne;
- Documentazione di supporto (norme di prova, capitolati o requisiti specifici del cliente, norme internazionali, ecc.);
- RegISTRAZIONI della Qualità (rapporti di prova, certificati di taratura e documenti correlati).[3]

1.1 SCOPO DEL LABORATORIO

In abbinamento alle politiche aziendali, il Laboratorio Metrologico ha una sua “mission”, che andiamo ad esplicitare:

Lo scopo del Laboratorio Lear è di essere il supporto specialistico di verifica nei campi dei materiali, delle misurazioni e delle prove agli stabilimenti di produzione.

E' responsabile, nel campo del Controllo Qualità, della conoscenza delle specifiche, dell'esecuzione dei test sia su materie prime che sul prodotto finito e dell'interpretazione dei risultati; ovvero garantisce che le prove ed i controlli verifichino la conformità del prodotto con dati chiari, disponibili e documentabili, attraverso adeguati ed affidabili strumenti di controllo, in un ambiente idoneo e con personale qualificato.

Esegue perciò prove di benessere al lancio in produzione dei prodotti e prove cicliche di verifica sui particolari finiti.

Effettua, inoltre, la taratura di alcuni degli strumenti di misura ed è comunque responsabile delle tarature effettuate da enti esterni su quelli non verificabili internamente.

1.2 POLITICHE DEL LABORATORIO

Il Laboratorio è il supporto scientifico nel campo della qualifica dei nuovi prodotti per le attività produttive.

- I tecnici del Laboratorio devono essere permanentemente aggiornati sui Sistemi Qualità, sugli sviluppi della ricerca e sui risultati della stessa nei settori di

interesse, nonché sugli strumenti che il mercato mette a disposizione per lo svolgimento della propria attività;

- Tutte le attività devono essere svolte nella più rigorosa osservanza delle Norme e delle Specifiche sia dei Clienti, che interne, che internazionali;
- Quando si renderà necessario interpretare dei risultati, questo dovrà essere fatto con l'obiettivo della qualità del prodotto oggetto dello studio;
- La discussione ed il confronto con altri enti tecnici sono attività importanti per il raggiungimento degli obiettivi;
- La collaborazione con altri laboratori contribuisce alla crescita delle conoscenze e delle esperienze;
- La partecipazione a corsi e convegni specializzati, soprattutto se dedicati all'aggiornamento, è fondamentale per l'efficacia della propria attività.

1.3 MANUALE DEL LABORATORIO

E' utile racchiudere, quale "vademecum" per ciascun lavoratore, in un "Manuale del Laboratorio", tutta quanta la documentazione del Sistema Qualità, organizzata e suddivisa in capitoli, al fine di rendere più agevole la conoscenza, la consultazione e l'applicazione di ogni specifico punto ad ognuno nel corso delle sue funzioni professionali.

2. SERVIZI AL CLIENTE

2.1 ACCESSO AL LABORATORIO

E' necessario chiarire in modo formalizzato il personale che ha accesso ai locali di attività di prova e di misurazione: a tal proposito, nel Laboratorio Metrologico Lear, si è deciso di affiggere un cartello con tali indicazioni all'ingresso dello stesso.

2.2 RISERVATEZZA

Il Laboratorio fornisce ai clienti collaborazione e supporto per il miglior soddisfacimento delle loro stesse esigenze, tenendo comunque sempre presente che ciò non vada a discapito della riservatezza nei confronti di altri clienti.

Dunque, tale collaborazione comprende:

- Il ragionevole accesso del cliente alle aree di prova per l'assistenza alle attività svolte, previo accordo, al fine di garantire la riservatezza di altri clienti;
- La messa a disposizione dello stesso di materiali ed oggetti per sue proprie esigenze di verifica.

Inoltre, nel Laboratorio Metrologico, la "confidenzialità" viene assicurata per ogni informazione ricevuta o conoscenza acquisita da parte del cliente, sia sottoscrivendo un codice comportamentale da parte di tutto il personale, che attuando opportuni provvedimenti per proteggere il know-how del cliente da interferenze esterne, non solo con le suddette limitazioni di accesso ai locali di prova, ma anche mediante:

- Protezione della documentazione cartacea (armadi chiusi / non prelevabilità da terzi);
- Protezione dei dati informatici (salvataggio su directory dedicate per cliente e non, per esempio, su cartelle aziendali condivise).

2.3 VALUTAZIONE DELLA SODDISFAZIONE DEL CLIENTE

Il Laboratorio tiene conto del fatto che la soddisfazione del cliente deve essere perseguita, non solo per quanto attiene allo stretto contenuto tecnico dei servizi forniti, ma con riferimento a tutti gli aspetti e le fasi del servizio. Si è stabilito, perciò, di monitorare la stessa mediante realizzazione di un apposito questionario, da inoltrare e richiedere compilato da parte di tutti i clienti. L'attenzione al cliente in esso esplicitata riguarda i seguenti aspetti:

1. Effettuazione delle prove e delle misurazioni

- Trasparenza nella modalità di esecuzione delle prove;
- Chiarezza di emissione dei rapporti di prova;
- Massima precisione nei risultati e nelle valutazioni degli stessi, ove richiesto;

- Tariffari applicati;
- Competenza tecnica del personale.

2. Fornitura dei servizi

- Rispetto del programma di lavoro concordato;
- Eventuale coinvolgimento del cliente nella fornitura del servizio in termini di assistenza alle prove, partecipazione all'elaborazione dei risultati, richieste di verifiche congiunte dei materiali;
- Massimo rigore professionale esercitato nella fornitura del servizio, respingendo qualunque pressione indebita da parte del cliente, ma evitando altresì di esercitare sullo stesso pressioni intese a trarre benefici impropri.

3. Assistenza “post vendita”

Si intende la verifica da parte del Laboratorio, dopo la fornitura del servizio, che tutto si sia svolto conformemente alle necessità del cliente in ottica di:

- Documentazione a lui fornita;
- Informazioni complete;
- Assenza di dubbi;
- Assenza di insoddisfazioni.

4. Riservatezza

- Limitazione dell'accesso ai locali di prova;
- Protezione della documentazione cartacea
- Protezione dei dati informatici.

Naturalmente, ad ogni domanda viene assegnato un punteggio in percentuali e peso, il cui computo totale per sezione (e di ogni sezione sul questionario nel suo complesso) deve dare il 100%.

Gli obiettivi per il primo anno di applicazione saranno giudicati “sufficienti” se il loro grado sarà almeno del 70%. Il questionario è gestito con cadenza annuale ed è inserito come argomento nel Riesame della Direzione, quale oggetto di valutazione e piano di correzione o comunque miglioramento da parte del management.

Eventuali reclami scritti e verbali vengono immediatamente analizzati dal Laboratorio, con apertura e registrazione sul modulo delle azioni correttive; mediante quest'ultimo ne vengono definite e monitorate le azioni e la chiusura, nonché portati in sede di Riesame della Direzione.

3. CONTROLLO DELLE ATTIVITA' NON CONFORMI

3.1 GESTIONE DEL MATERIALE NON CONFORME

A seguito delle verifiche del personale di Laboratorio addetto al ricevimento, i prodotti difettosi saranno segregati in apposita area del magazzino ed etichettati col modulo rosso "Scarto al Fornitore".

Il Responsabile del Laboratorio attiverà la restituzione dello scarto ai fornitori, oltre che delle procedure di penalizzazione performance ed economiche al fornitore stesso.

Nel caso in cui esista il dubbio su chi è effettivamente responsabile del difetto, il materiale verrà posto in stato di "SOSPESO" fino al momento in cui sarà stata determinata la causa del difetto.

In sintesi, le azioni che scaturiscono da tali non conformità possono essere:

- Restituzione scarto ai fornitori;
- Selezione scarti a cura del Laboratorio o del fornitore;
- Rilavorazioni /riparazioni a cura della Lear o del fornitore.

Il fornitore potrà in ogni caso controllare i materiali di scarto presso lo Stabilimento Lear. Egli stesso dovrà provvedere al ripristino del materiale in modo da consentire l'effettuazione o la ripetizione delle prove.

3.2 GESTIONE DELLE ATTIVITA' DI PROVA E MISURAZIONE NON CONFORMI

In seguito alla segnalazione di una potenziale criticità nel corso dell'attività di sperimentazione od evidenza concreta di una difettosità, la gestione e risoluzione di tali anomalie deve avvenire attraverso l'apertura della Scheda Azioni Corretive (modulo AC).

Chiunque riscontri il difetto ha il compito di compilare il modulo AC, disponibile nella cartella del Laboratorio, condivisa in rete. Tale documento deve essere congiuntamente aperto, approvato e gestito dal Responsabile del Laboratorio, che dovrà ricorrere ad una tecnica di problem solving documentata per la risoluzione.

Se, al contrario, si conosce la causa principale della specifica situazione di fuori controllo od essa può essere identificata rapidamente, il problema deve essere risolto immediatamente.

Qualora nel corso delle sperimentazioni si riscontrino condizioni di fuori controllo o di anomalia delle attrezzature di prova, il tecnico di Laboratorio dovrà avvisare immediatamente il Responsabile che, in funzione della tipologia del problema, provvederà direttamente alla risoluzione o con l'intervento di altri Enti Tecnici, secondo le proprie competenze e mansioni.

La gestione delle non conformità e la loro risoluzione viene comunque sempre registrata, in modo da costituire non solo un archivio storico, ma per essere una base di partenza per l'analisi ed il miglioramento.

4. LUOGO DI LAVORO

In ogni postazione di lavoro del Laboratorio dovrà essere sempre presente e mantenuta in ordine la seguente documentazione:

- norme di prova ed istruzioni operative relative all'operazione effettuata;
- scheda di manutenzione dell'attrezzatura in oggetto;
- informazioni ulteriori, anche fotografiche, su eventuali punti critici (quando necessario);
- indicazione dei DPI (Dispositivi di Protezione Individuale) da utilizzare;
- indicazione del livello di rischio ergonomico della postazione (bollino verde, giallo o rosso).

Al fine di prevenire cause di infortuni ed invalidazione delle prove effettuate, la postazione di lavoro deve essere pulita alla fine di ogni utilizzo e comunque a fine giornata lavorativa.

Per quanto riguarda l'ambiente di prova, i test e le misurazioni sono effettuate in un ambiente non climatizzato, in considerazione del fatto che il Laboratorio è dotato di un normale impianto di condizionamento ad aria forzata tale da garantire condizioni di temperatura ed umidità che soddisfano quanto previsto dai capitoli riguardo i parametri ambientali delle prove. E' infatti presente uno strumento, il termoigrografo, che misura e registra simultaneamente temperatura ed umidità dell'ambiente, tracciando separatamente su una carta diagrammata due curve che rappresentano l'andamento nel tempo delle due grandezze. Come già specificato, esse devono essere monitorate poichè devono stare entro certi intervalli, altrimenti delle prove potrebbero essere falsate.

5. ATTREZZATURE ED APPARECCHIATURE

La gestione delle apparecchiature di Laboratorio assume un ruolo di primaria importanza in ottica di sviluppo del business, di crescita dell'azienda e di soddisfazione del cliente: è quindi fondamentale curare nel modo migliore la loro tenuta sotto controllo e la loro manutenzione. A tale scopo, nel Laboratorio Lear si utilizza un'accurata metodologia di verifica che conduce sia al controllo periodico che alla manutenzione, con un piano ben preciso e degli interventi preventivi, oltre che correttivi, i quali verranno registrati al fine di creare una storia per la periodica valutazione. Alla stessa maniera ci si è rivolti al processo di taratura, per la cui gestione si è applicato un similare modo di procedere rispetto alla manutenzione, consci che la tenuta sotto controllo della taratura della strumentazione è altresì punto

di primaria importanza non solo per la riferibilità delle misure, ma soprattutto per la correttezza e validità dei risultati e, dunque, per l'immagine del Laboratorio.

Si riporta, in figura 3, un elenco delle principali attrezzature del Laboratorio ed una successiva breve descrizione degli strumenti meno conosciuti:



ATTREZZATURA DI MISURA SPECIFICA

STRUMENTI PRIMARI

N°	DESCRIZIONE STRUMENTO	Matricola	Scheda	Utilizzo	Taratura
1	Bilancia di Precisione	BL - 001	Iso - 001	Misura	Esterna
2	Bilancia di Precisione	BL - 002	Iso - 002	Misura	Esterna
3	Calibro Dgt. 150 mm.	CD - 001	Iso - 003	Misura	Esterna
4	Calibro Dgt. 200 mm.	CD - 002	Iso - 004	Misura	Esterna
5	Calibro Dgt. 500 mm.	CD - 003	Iso - 005	Misura	Esterna
6	Cabina Luce D65	CL - 001	Iso - 006	Prove Tecniche	Esterna
7	Durometro Dgt. Prove HRC - HRB	DR - 001	Iso - 007	Prove Tecniche	Esterna
8	Durometro Dgt. Microdurezza HV	DR - 002	Iso - 008	Prove Tecniche	Esterna
9	Durometro Shore A	DR - 004	Iso - 009	Prove Tecniche	Esterna
10	Durometro Shore D	DR - 005	Iso - 010	Prove Tecniche	Esterna
11	Glossmetro	GS - 001	Iso - 011	Prove Tecniche	Esterna
12	Indentometro	IN - 001	Iso - 012	Prove Tecniche	Esterna
13	Macchina Misura Tridimensionale	MT - 140	Iso - 013	Misura	Esterna
14	Provino Durezza HRC	PD - 001	Iso - 014	Prove Tecniche	Esterna
15	Proiettore di Profili	PR - 001	Iso - 015	Misura	Esterna
16	Rotella Metrica Dgt. 5 m.	RM - 001	Iso - 016	Misura	Esterna
17	Spettrofotometro	SP - 001	Iso - 017	Prove Tecniche	Esterna
18	Stufa Termostatica	ST - 001	Iso - 018	Prove Tecniche	Esterna
19	Termoigrografo	TI - 001	Iso - 019	Prove Tecniche	Esterna
20	Truschino Dgt. 600 mm.	TR - 001	Iso - 020	Misura	Esterna
21					
22					
23					
24					
25					

Fig.3: Elenco dei principali strumenti di Laboratorio [6].

Cabina luce

Permette di verificare in modo oggettivo che siano omogenee le colorazioni di parti che verranno successivamente assemblate insieme come, ad esempio, il carter con la leva oppure i vari pezzi di pelle che comporranno il sedile (spesso provengono da lotti di produzione diversi).

Durometro

Strumento che misura la durezza di un materiale. Una punta, con una forza applicata nota, viene fatta penetrare nel materiale e la misura della profondità di penetrazione mi indica la durezza di tale materiale. La punta utilizzata può essere diversa a seconda del tipo di materiale o della tipologia di prova: per esempio, si utilizza come penetratore un ago per i materiali più morbidi (come polimeri o gomma), una sferetta d'acciaio per la prova Brinell ed una punta di diamante per la prova Rockwell.

Glossmetro

Misura la lucentezza (o brillantezza) delle superfici (l'unità di misura della brillantezza è il gloss). Lo strumento emette un fascio di luce che viene riflesso con un'inclinazione di 60° quando colpisce la superficie oggetto della misurazione. In output restituisce il valore di gloss che, intuitivamente, è alto nel caso di una superficie lucida e basso nel caso di una superficie opaca.

Indentometro

E' una sorta di dinamometro che misura la portanza (capacità di massimo carico) e la rigidità, caratteristiche strutturali più significative delle imbottiture; i sedili, infatti, non devono essere nè troppo rigidi (risulterebbero scomodi) nè troppo morbidi (col rischio di sfondarsi dopo un certo numero di sedute). Tale apparecchiatura permette l'effettuazione di diversi tipi di prova che, in generale, prevedono l'applicazione di un certo carico tramite un pressore e la successiva analisi della deformazione.

Proiettore di profili

Apparecchiatura in cui fonti luminose colpiscono l'oggetto da misurare, proiettandone l'ombra su di uno schermo; permette di ottenere misure bidimensionali di precisione su componenti generalmente piccoli, in cui sarebbe fisicamente impossibile misurare con altri strumenti, come ad esempio i calibri.

Spettrofotometro

Strumento con cui vengono individuate le coordinate cromatiche di un oggetto. Di tale apparecchio e delle misurazioni da esso realizzate, si parlerà in maniera più approfondita nella parte 3 di tale elaborato.

6. EROGAZIONE DEL SERVIZIO: METODI DI PROVA E VALIDAZIONE DEI METODI

Nell'ottica di rendere chiaro, agevole e standardizzato per tutto il personale il modo di operare nell'esecuzione delle prove, è necessario definire i passi delle stesse in un documento scritto: una norma di prova, che verrà apposta su ogni postazione di lavoro, per ogni misurazione o analisi.

Nella terza parte di questo elaborato svilupperemo l'istruzione operativa per la misura delle coordinate cromatiche dei materiali plastici, che utilizzeremo sperimentalmente per la realizzazione della prova al fine di ottenere i dati per le valutazioni della bontà, riproducibilità e ripetibilità del sistema di misura, punto necessario per la redditività e l'immagine dell'impresa.

Infatti le misurazioni non sono mai esatte, perchè sono soggette a due fonti di variazione, quindi d'errore: la precisione degli strumenti e la capacità (e l'esperienza) dei misuratori. La precisione dipende da caratteristiche intrinseche dello strumento, da cause esterne (influenza dell'ambiente di misura, manipolazioni non adeguate, ecc.) o da condizioni di mancata calibrazione. L'inesperienza o l'inadeguata preparazione dei misuratori possono anch'essi portare ad errori di misurazione.

Gli studi di **Ripetibilità** e di **Riproducibilità (R&R)** servono per stabilire se i sistemi di misura sono statisticamente adeguati a rilevare o a discriminare le variazioni di cui sopra, secondo le prescrizioni d'uso. Un sistema di misura può essere definito come l'insieme di strumenti, standards, operazioni, metodi, personale ed assunzioni utilizzati per quantificare con un'unità di misura la caratteristica che si vuole misurare. Si tratta di un processo che produce in output dei dati; guardare il sistema di misura in questa ottica è utile perchè consente di utilizzare tutti i concetti, le filosofie e gli strumenti già noti e consolidati nell'area del controllo statistico dei processi. Con processo di misurazione si intende, invece, l'assegnazione di un valore numerico ad una particolare proprietà fisica di un oggetto.

Prima di procedere con l'ideazione e realizzazione della procedura che delinea come effettuare uno studio R&R, che svilupperemo compiutamente e sperimentalmente nel corso della parte terza di questo elaborato, definiamo il significato dei termini che andremo ad utilizzare, al fine di permettere una più agevole comprensione di quanto realizzeremo.

- **Precisione o Ripetibilità:** è la proprietà per la quale uno strumento è capace di riprodurre la stessa risposta quando riceve la stessa sollecitazione. Definisce l'attitudine di uno strumento a fornire misure col minimo errore, cioè la sua misura è costante e ripetitiva. In altre parole, la ripetibilità è la variazione nelle misure ottenute con uno strumento di misura usato più volte da un unico operatore per misurare la stessa identica caratteristica sul medesimo pezzo. E' anche detta **Equipment Variation (E.V.)**, in quanto rappresenta la variabilità caratterizzante quel particolare strumento di misura;

- **Accuratezza:** è il grado di concordanza tra i risultati della misurazione ed il valore convenzionalmente “vero” della grandezza misurata.[9]

L'esempio che viene normalmente fornito per spiegare i concetti di accuratezza e precisione è rappresentato dal posizionamento su di un bersaglio di proiettili sparati da fucili diversi.

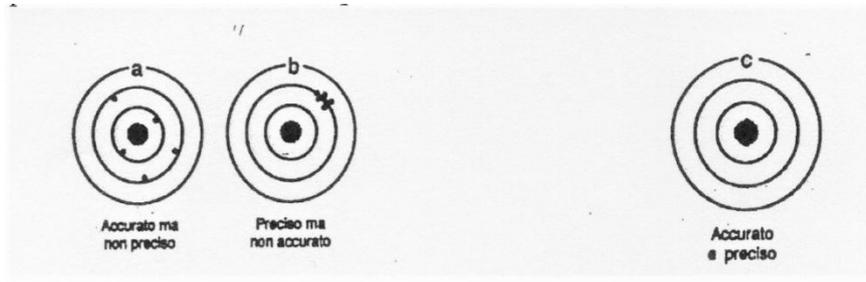


Fig.4: Rappresentazione intuitiva di precisione ed accuratezza [10].

Nonostante il (b) sia più preciso, ha un'accuratezza molto inferiore ad (a), mentre in (c) si evidenzia che il posizionamento dei proiettili indica che il fucile è sia accurato che preciso (centrato con dispersione contenuta). In chiave statistica, rappresentiamo questi concetti con i grafici di figura 5:

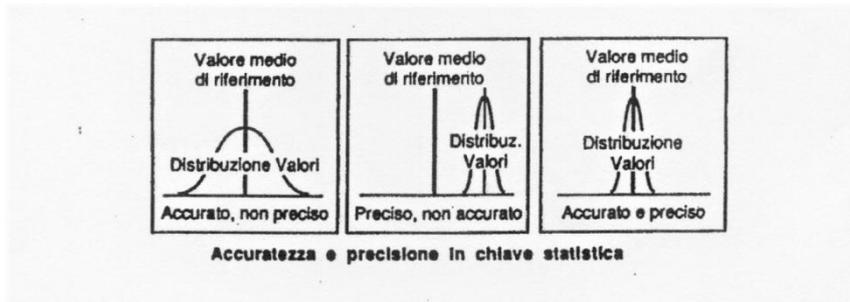


Fig.5: Rappresentazione statistica di precisione ed accuratezza [10].

- **Riproducibilità:** è la variazione nella media delle misure ottenute da diversi operatori con lo stesso strumento di misura su una stessa caratteristica di un determinato pezzo. E' anche detta **Appraiser Variation (A.V.)**, in quanto rappresenta la variabilità legata all'operatore, in particolare alla sua competenza ed esperienza.

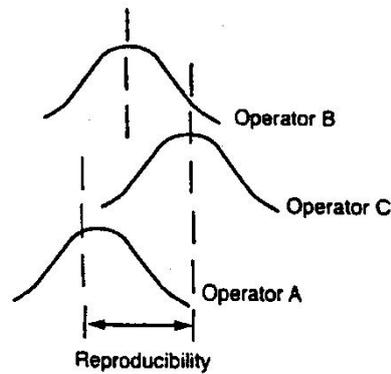


Fig.6: Rappresentazione statistica di Riproducibilità [10].

- **Bias:** è lo scostamento fra la media dei valori osservati e il valore di riferimento (master value). Il valore di riferimento può essere determinato con la media di più misure effettuate con strumenti di precisione superiore. La bias è quindi definita come la differenza tra la media delle misure fornite da uno strumento e la media delle misure fornite da un sistema di misura di riferimento accettato come veritiero e conseguentemente accurato.

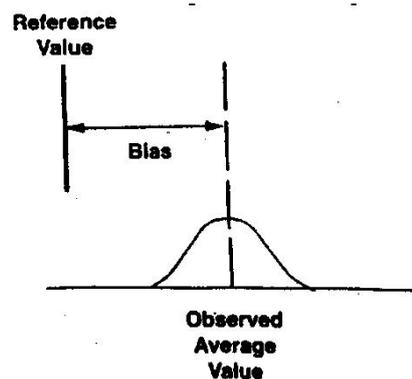


Fig.7: Rappresentazione statistica del concetto di BIAS [10].

- **Stabilità dello strumento:** è l'escursione fra le misure della medesima caratteristica ottenute col medesimo strumento sullo stesso campione di riferimento, ripetute più volte nel corso di un certo periodo di tempo.

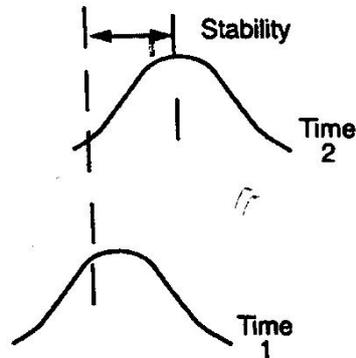


Fig.8: Rappresentazione statistica del concetto di stabilità [10].

- **Linearità:** è la differenza dei valori di bias valutati agli estremi del range operativo dello strumento.

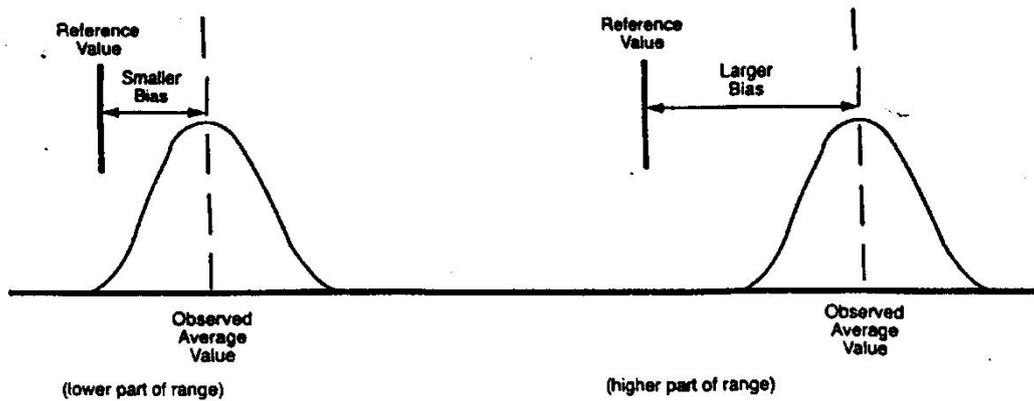


Fig.9: Rappresentazione statistica del concetto di linearità [10].

7. RIFERIBILITA' DELLE MISURE

Ogni apparecchiatura di prova e misurazione del Laboratorio deve essere tarata, allo scopo di garantire l'affidabilità nel tempo delle prove e, quindi, la loro riferibilità. Per taratura si intende l'insieme delle operazioni che stabiliscono, sotto condizioni specificate, le relazioni tra i valori indicati da uno strumento o da un sistema di misurazione ed i corrispondenti valori realizzati dai campioni di riferimento.[3]

A tal fine, nel Laboratorio Lear si è sviluppata una procedura di taratura che prevede l'utilizzo di diverse tecniche per la verifica della stessa.

Viene in primo luogo effettuato un esame di quanto è possibile tarare internamente (mediante opportuni strumenti primari) e di quello che deve essere inevitabilmente tarato facendo ricorso a specializzazioni esterne.

Per la prima modalità vengono redatte procedure interne che dettagliano le modalità di effettuazione della calibrazione, che gli addetti incaricati dovranno scrupolosamente seguire nell'attuazione di tali operazioni.

Gli strumenti per i quali non sarà nelle possibilità del Laboratorio di poter tarare autonomamente, dovranno essere affidati a laboratori esterni, purchè questi siano accreditati secondo la ISO IEC 17025, od anche da centri LAT.

La garanzia del rispetto di ciò, nel Laboratorio Lear, viene garantita dalla consultazione dell'Elenco dei Fornitori Accreditati, sviluppato e tenuto aggiornato dal personale stesso. Nel caso in cui non siano disponibili laboratori accreditati per la taratura di una data apparecchiatura, si ricorre all'utilizzo del servizio dato dal costruttore stesso dell'apparecchiatura.

Nel caso in cui un'apparecchiatura venga riscontrata fuori taratura, questa deve essere riportata in taratura mediante calibrazione e tutte le prove realizzate con essa nel periodo in cui non era tarata devono essere ripetute.

8. ASSICURAZIONE DELLA QUALITA' DEI RISULTATI

Il Laboratorio Lear garantisce la validità dei risultati delle prove o misurazioni che esegue attraverso:

- La professionalità del personale, costantemente formato;
- La taratura e calibrazione degli strumenti di prova, costantemente controllati;
- La conoscenza e l'osservanza delle normative internazionali e dei clienti, periodicamente verificate nel loro aggiornamento ed attualità;
- La creazione di apposite procedure di prova, nel caso non esistano norme internazionali o specifiche dei clienti adeguate e sufficienti al caso in esame;

- La gestione dei provini e dei risultati, per le quali il personale segue scrupolosamente le procedure specifiche, opportunamente sviluppate ed applicate dal Laboratorio;
- La gestione dei processi di prova e dei risultati ottenuti, che si basa sull'analisi dei risultati mediante tecniche statistiche, nonché sulla verifica della bontà ed efficienza della strumentazione mediante tecniche di Ripetibilità e Riproducibilità;
- L'esecuzione di prove di confronto con altri laboratori (cliente e fornitori).

9. RAPPORTI DI PROVA

Per quanto riguarda un Laboratorio che deve essere certificato secondo la normativa ISO/IEC 17025, è necessario che il formato del rapporto di prova contenga le seguenti informazioni:

- ✓ Titolo;
- ✓ Nome ed indirizzo del Laboratorio;
- ✓ Identificazione univoca (numero di protocollo);
- ✓ Nome ed indirizzo del Cliente;
- ✓ Identificazione dei metodi di prova;
- ✓ Identificazione dell'oggetto da testare;
- ✓ Date di ricevimento/esecuzione/inizio e fine delle prove;
- ✓ Verbali, piani e procedure di campionamento, ove applicabile;
- ✓ Risultati delle prove con indicazione delle unità di misura;
- ✓ Nomi, funzioni e firme per approvazione;
- ✓ Dichiarazione che i risultati si riferiscono ai soli oggetti provati;
- ✓ Dichiarazione che il rapporto non può essere riprodotto parzialmente senza autorizzazione;
- ✓ Numero e totale pagine;
- ✓ Incertezza di misura, ove previsto;
- ✓ Conformità a specifiche, ove previsto;
- ✓ Eventuali prove subappaltate.[3]

Per il Laboratorio Metrologico Lear è stata ideata e realizzata una specifica modulistica di gestione dei rapporti di prova, in totale conformità alla normativa ISO/TS 16949, chiamata **pratica di benessere PPAP (Part Production Approval Process)**. Essa prevede un foglio di comunicazione dell'esito delle prove, misurazioni e verifiche, che si risolvono con un benessere o meno all'entrata in produzione dell'oggetto, con più allegati descrittivi punto per punto quanto effettuato, come riportato in figura 10.

		Richiesta Approvazione Componente	
Nome del particolare _____		Codice _____	
Vettura: _____		Origine Componente: _____	
Norme di sicurezza e/o legislative SI <input type="checkbox"/> → S <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> W <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		Esponente modifica progetto _____ Data _____ Altre modifiche _____ Data _____	
Peso Kg. _____ MDS n° _____		Stabilimento e/o sub-fornitore che ha prodotto il particolare _____ Tipo di attrezzatura _____ Provvisoria _____ Definitiva _____	
INFORMAZIONI SUL FORNITORE Ragione sociale _____ Codice _____ Indirizzo _____ Tel: _____ Fax: _____ Città/Stato/Cap. _____		INFORMAZIONI SULLA RICHIESTA DI APPROVAZIONE Richiesta N°: _____ Del: _____ Numero campioni richiesti: _____ Data consegna P.P.A.P.: _____ Stabilimenti LEAR Utilizzatori: _____ Referente Acquisti Lear _____ Ordine _____	
MOTIVI PER CUI E' RICHIESTA L'APPROVAZIONE (compilazione a cura di Lear)			
<input type="checkbox"/> Presentazione Iniziale <input type="checkbox"/> Modifiche di progetto <input type="checkbox"/> Utensili: trasferiti, sostituiti, ripristinati, altro <input type="checkbox"/> Ricompletatura dopo correzioni di criticità <input type="checkbox"/> Altro - da specificare		<input type="checkbox"/> Modifiche materiali strutture <input type="checkbox"/> Cambio del sub-fornitore o di provenienza materiale <input type="checkbox"/> Modifica del processo produttivo <input type="checkbox"/> Particolari prodotti presso altri stabilimenti <input type="checkbox"/> Integrazione MDS	
LIVELLO DI APPROVAZIONE RICHIESTA (Crocicare uno, compilazione a cura di Lear)			
<input type="checkbox"/> Livello 1 Richiesta, Particolari, Approvazione Estetica (solo per particolari importanti per l'estetica) + MDS <input type="checkbox"/> Livello 2 Richiesta, Particolari, Disegni, Controlli dimensionali, Test funzionali, Analisi materiale, Approvazione estetica, Flow-chart, Griglie di controllo (Liv. 2 Ridotto senza griglia di controllo e flow-chart per particolari eseguiti con attrezzatura provvisoria) + MDS <input type="checkbox"/> Livello 3 Presso Lear: Richiesta, Particolari, Disegni, Controlli dimensionali, Test funzionali, Analisi materiale, Deroghe concesse da Lear, Approvazione Estetica, Verifica Capability di Processo, Flowchart e Griglia di controllo, Calibri, R & R Calibri, FMEA, Qualificazione Progetti in Codesign + MDS, Situazione Benessere Componenti <input type="checkbox"/> Livello 4 Uguale al livello 3, però non è richiesta la presentazione di particolari. <input type="checkbox"/> Livello 5 Presso Fornitore: Richiesta, Particolari, Disegni, Controlli dimensionali, Test funzionali, Analisi materiale, Deroghe concesse da Lear, Approvazione Estetica, Verifica Capability di Processo, Flowchart e Griglia di controllo, Calibri, R & R Calibri, FMEA, Qualificazione, Progetti in Codesign + MDS			
ESITI dei controlli eseguiti (compilazione a cura del Fornitore)			
I risultati relativi a <input type="checkbox"/> misure dimensionali <input type="checkbox"/> test funzionali e sui materiali <input type="checkbox"/> criteri estetici <input type="checkbox"/> dati statistici sul processo. <input type="checkbox"/> MDS			
Questi risultati soddisfano tutte le specifiche e i requisiti indicati a disegno: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No (Se "No" - darne spiegazione). N° cavità stampo _____ N° stampi in produzione _____			
DICHIARAZIONE Si dichiara che i componenti oggetto di questa richiesta sono campioni rappresentativi della serie, che sono stati realizzati sulla base dei disegni e delle specifiche applicabili a cui sono totalmente conformi, impiegando materiali conformi alle norme (IMDS), attrezzature e cicli di fabbricazione definitivi, senza aggiungere alcuna altra operazione. Spiegazioni / commenti per eventuali deviazioni da quanto sopra dichiarato: _____			
Nome _____		Qualifica _____ Tel. _____	
Firma del rappresentate fornitore _____		Data presentazione P.P.A.P. _____	
Pratica benessere n° _____ del _____		SPAZIO RISERVATO ALLA LEAR <input type="checkbox"/> Approvato _____ Data _____ <input type="checkbox"/> Non approvato _____ <input type="checkbox"/> App. temporanea sino al _____ Responsabile PPAP _____ Firma _____	

Fig.10: Modulo per sottomissione parti per benessere con finale concessione o meno dello stesso [6].

PARTE 3

1. IL COLORE

1.1 GENERALITA' E CENNI STORICI

Definire precisamente alcuni concetti comuni può non essere semplice: il *colore* è uno di questi. Tuttavia, nella vita di tutti i giorni, noi siamo circondati ed immersi in un infinito numero di colori, che consideriamo come un fatto acquisito. Ciò nonostante, essi incidono anche profondamente nella vita quotidiana: dall'influenza sul gusto dei cibi ed altri prodotti che acquistiamo, fino alla sensazione dello stato di salute o meno di una pianta ed al nostro stesso umore. In tale ottica possiamo pensare al colore come ad una percezione e, dunque, ad una sensazione soggettiva. Lo sapevano già i Greci (*Platone, Timeo*) ed i Romani (*Lucrezio, "De Rerum Natura"*).

Nei secoli successivi questa certezza era forse andata perduta e solo nel Seicento *Isaac Newton* ridefinì il colore come una "*percezione soggettiva provocata da uno stimolo oggettivo: la luce, che direttamente od indirettamente colpisce il nostro occhio, in particolare la retina, ed attraverso il nervo ottico arriva al cervello dove si crea la sensazione di colore*". In breve, egli affermò che il colore non era una qualità dei corpi, bensì della luce stessa.

Infatti, fino a quel momento, si credeva che la luce fosse completamente bianca e solo quando colpiva gli oggetti appariva colorata, come processo di contaminazione della stessa (bianca in quanto pura, perchè incarnazione del divino) da parte delle cose terrene. Newton, invece, sostenitore della *teoria corpuscolare* della luce, occupandosi del fenomeno della rifrazione di questa in un prisma di vetro, effettuò nell'arco degli anni una serie di esperimenti che lo condussero alla formulazione di ipotesi teoriche sulla natura del colore, supportate dalla matematizzazione dei risultati sperimentali. Giunse così alla conclusione che la luce bianca si compone di più colori (che si dispiegano nell'arcobaleno e nello spettro) e che le diverse componenti monocromatiche vengono rifratte secondo angoli diversi quando incidono sulla superficie di separazione di due mezzi trasparenti. Inoltre, collegò tali scoperte, associando l'indice di rifrazione ai colori primari.

Ad oggi, dunque, noi possiamo studiare il colore sotto tre punti di vista, che possono essere delineati nel modo seguente:

- Dal punto di vista dello *stimolo oggettivo* che causa la percezione del colore (cioè la **luce**: siamo nel campo della fisica, in particolare dell'ottica), oppure
- Da quello della *percezione soggettiva* (siamo nella psicologia della percezione, come sempre quando ci si occupa del **giudizio soggettivo** su un certo aspetto dell'apparenza, cercandone un ordinamento), oppure, infine
- Cercando di costruire una *relazione*, definita con un **modello matematico**, tra grandezze fisiche e grandezze percettive, tenendo in considerazione la sensibilità

dell'occhio "medio" (cioè costruendo un ponte tra luce e colore: è il compito della psicofisica, in particolare della fotometria e colorimetria).[12]

1.2 LA COLORIMETRIA

La Colorimetria è una branca di studio che si occupa della misurazione del colore. Essa trova applicazioni in molti campi della ricerca scientifica, nel settore di controllo di prodotto e di processo industriale ed ovunque sia richiesta la riproduzione del colore.

Il suo compito è di associare alla radiazione riflessa dai corpi, che non emettono autonomamente radiazione elettromagnetica, una serie di variabili quantitative che ne definiscano il colore.

Per fare ciò, la colorimetria si limita a considerare l'attività del sistema visivo dell'uomo in quelle situazioni in cui il colore, detto colore psicofisico, è isolato dalle altre proprietà dell'oggetto colorato osservato, per esempio la levigatezza, la tessitura, ecc.

Il colore psicofisico di una scena è riconducibile allo spettro di potenza della luce proveniente dalla scena stessa, che colpisce la retina dell'occhio umano. La luce assorbita è quindi convertita in segnali, i quali, dopo aver subito varie trasformazioni, giungono al cervello che li traduce in sensazione di colore.

Alla luce di quanto detto, anche la fonte di illuminazione che colpisce la superficie dell'oggetto di cui vogliamo misurare il colore appare una variabile assolutamente non trascurabile.

Il colore di un oggetto, difatti, è definito da tre elementi di base:

- 1) L'oggetto;
- 2) L'illuminante;
- 3) L'osservatore.

2. ATTRIBUTI PERCETTIVI DEL COLORE

Consideriamo, ad esempio, due sfere rosse: come spiega un osservatore in cosa differisce il loro “colore”?

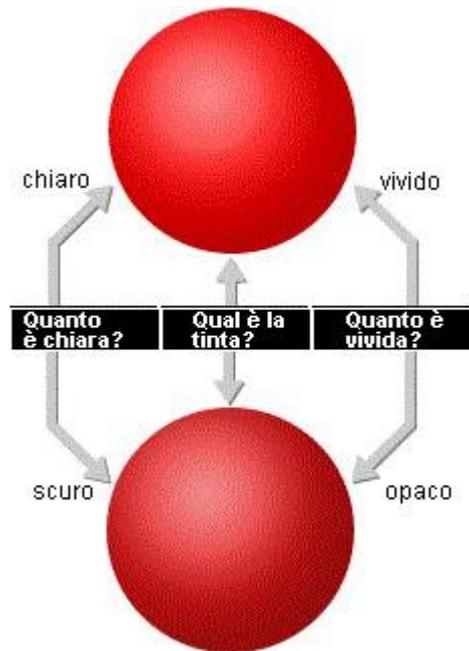


Fig.11: Due sfere di diversi tipi di rosso [16].

E' istintivo scomporre la percezione di colore in 3 attributi della nostra esperienza quotidiana, le *coordinate intuitive del colore*:

- **Tinta**
- **Saturazione**
- **Luminosità**

2.1 TINTA (in inglese HUE)

E' il principale attributo percettivo del colore, cioè quella caratteristica di esso che si indica con i nomi rosso, giallo, verde, blu, viola, arancio e così via. Dicendo “rosso”, o “verde”, o “viola”, comunichiamo ad altri l'idea di una particolare tinta, ma il rosso, ad esempio, può poi essere chiaro o scuro, carico o debole, però come tinta, sempre di rosso si tratta.

Dunque una tinta non è un colore, ma una famiglia di colori, dai più saturi ai meno saturi e dai più luminosi ai meno luminosi. In questo senso, i colori rosso e rosa fanno parte della stessa famiglia, cioè hanno una tinta piuttosto simile.

Non tutti i colori hanno una tinta: bianco, nero e le varie gradazioni di grigio sono colori senza tinta, cioè *colori acromatici*.

I *colori cromatici*, invece, sono quelli che hanno una tinta (eventualmente mescolata con bianco, nero e grigio). L'occhio umano distingue tra 200 e 300 tinte diverse. Di queste ce ne sono solo quattro che non vengono percepite come mescolanze di altre tinte: si tratta del rosso, del giallo, del verde e del blu che sono dette *tinte unarie*.

Giallo e blu sono tinte "*opponenti*" o "*complementari*", in quanto non è possibile pensare ad una loro mescolanza (non è possibile immaginare un giallo bluastrato od un blu giallastro). Anche rosso e verde sono tinte opposte. Le tinte non unarie (*binarie*) vengono percepite come mescolanza di due tinte unarie non opposte; ad esempio, il turchese è percepito come mescolanza di blu e verde.

Rosso, giallo, verde e blu sono tinte "di base" anche in un altro senso. Una famosa ricerca fatta nel 1969 da Berlin e Kay sui termini indicanti i colori in 98 lingue diverse ha portato alla conclusione che, per quanto riguarda il colore, non ci sono più di 11 termini di base universali in ogni lingua. Tutti i linguaggi hanno almeno due termini per indicare il bianco e il nero. Se esiste un terzo termine, è sempre il rosso. Se ne esistono quattro, viene aggiunto o il verde o il giallo e così via.

Dunque, oltre bianco e nero, le quattro tinte che i linguaggi di tutto il mondo hanno sentito la necessità di nominare per prime sono appunto le tinte unarie.

Le quattro tinte unarie più il bianco e il nero sono considerati i *colori primari psicologici*: il bianco si oppone al nero, il rosso al verde ed il giallo al blu.

2.2 SATURAZIONE E CROMA

Nell'osservare un colore cromatico si percepisce una componente di tinta ed una componente acromatica (cioè di bianco nel caso di luce o di grigio nel caso di oggetti). La "brillanza" viene quindi percepita come generata da una parte cromatica e da una parte acromatica.

La quantità di parte cromatica rispetto a quella acromatica viene detta genericamente saturazione. La pienezza (in inglese *colorfulness*), detta anche cromaticità, descrive la quantità assoluta della parte cromatica percepita, cioè la concentrazione della componente cromatica: blu e celeste, ad esempio, hanno la stessa tinta, ma il blu ha una pienezza maggiore del celeste, è più ricco. Se si varia il livello di illuminazione a cui un osservatore è adattato varia non solo la brillantezza di un oggetto, ma anche la pienezza.

Si considerano allora due tipi di pienezza "relative":

- Il croma (in inglese *chroma*) è la pienezza di un'area in proporzione alla brillantezza di un oggetto similmente illuminato che appare bianco (o molto trasmittente, nel caso di oggetti trasparenti);

- La saturazione (in inglese saturation) che descrive la pienezza di un'area in proporzione alla brillantezza del colore dell'oggetto stesso (prodotta dalla parte cromatica e dalla parte acromatica).

La saturazione descrive quella che nel linguaggio comune si chiama pienezza e ricchezza del colore: un colore molto saturo si dice “vivo”, “pieno”, “carico”, mentre uno poco saturo è un colore “pallido”, “pastello”.

2.3 LUMINOSITA', BRILLANZA (in inglese BRIGHTNESS) O VALORE

La brillantezza è l'attributo percettivo assoluto del colore che si riferisce alla misura di quanto un'area appare luminosa, sia per luci che per oggetti isolati dal contesto (cioè tali che la luce arrivi all'occhio solo dall'oggetto e da nient'altro). Per oggetti (non per luci) inseriti in un contesto si può considerare il concetto di brillantezza relativa.

Il concetto di brillantezza relativa è così importante che ha un nome: chiarezza (in inglese lightness). Essa è la brillantezza di una superficie giudicata relativamente ad un'altra area similmente illuminata che appare bianca e si esprime con le espressioni “chiaro” o “scuro”.

L'occhio ha la capacità di giudicare differenze di chiarezza: vi è quindi la possibilità di costruire una scala uniforme di chiarezza, cioè un insieme ordinato di colori, in modo che la differenza percepita tra le chiarezze di due colori adiacenti sia costante. Se ci si limita ai grigi, la scala così sviluppata è detta appunto *scala di grigi*.

Tali tre grandezze possono essere visualizzate tridimensionalmente, rappresentando così il *solido dei colori*, come illustrato nelle figure 12 e 13.

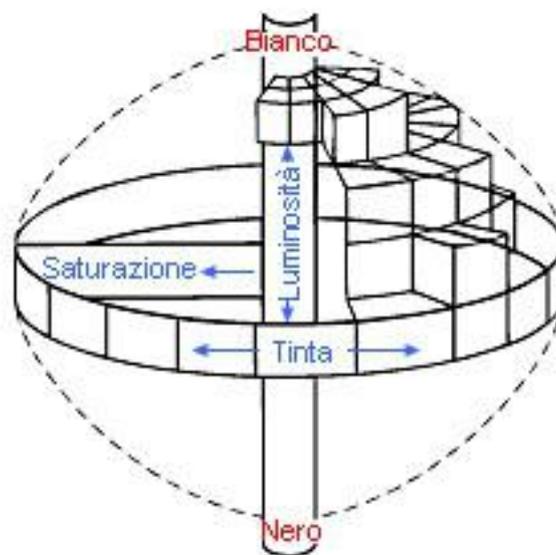


Fig.12: Sistema dei colori 3D [13].

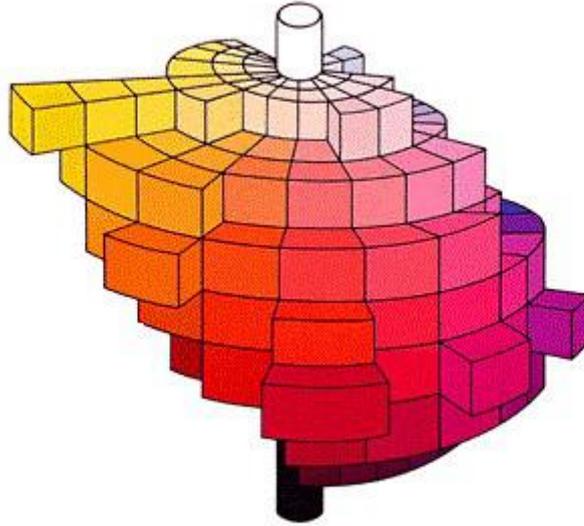


Fig.13: Particolare colorato del Solido dei Colori [13].

3. CARATTERIZZAZIONE DEL COLORE

3.1 L'OGGETTO E LA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA

Lo stimolo fisico che causa la percezione del colore, cioè la luce, può essere descritto con precisione. Oggi sappiamo che la luce è radiazione elettromagnetica.

Una radiazione elettromagnetica può essere costituita da una singola lunghezza d'onda (*monocromatica*), ma normalmente è composta da radiazioni di diverse lunghezze d'onda (*policromatica*).

La facoltà di vedere gli oggetti è dovuta ad una capacità che ha l'occhio umano di rispondere allo stimolo di una porzione limitata (quella del “*visibile*”) dello spettro elettromagnetico, cioè lo spazio in cui si raggruppano, dalle onde radio ai raggi cosmici, tutte le radiazioni che giungono a noi.

Le lunghezze d'onda variano da circa 100 metri, per le onde radio, ad una minuta frazione di un'unità Angstrom per i raggi cosmici ($1\text{\AA} = 10^{-7}\text{ mm}$).

La regione conosciuta come lo spettro visibile non è precisamente definita all'interno delle due regioni che le fanno da confine. I limiti, che furono inizialmente fissati a lunghezze d'onda di 380 nm nella regione dell'ultravioletto fino ai 760 nm dell'infrarosso, subiscono variazioni sensibili nel corso degli anni in seguito a numerose ricerche, spostandosi fino a 376 nm e 788 nm circa.

L'occhio umano percepisce le singole radiazioni monocromatiche (*grandezze fisiche*) come singoli colori (*percezioni soggettive*): per esempio, la radiazione più corta, quella di 400 nm circa, viene percepita come violetto, quella intermedia di 550 nm circa come verde e quella di 700 nm circa come rosso.

Inoltre, con l'avanzare dell'età, il nostro occhio diventa meno sensibile alla percezione di alcuni colori come il viola e questo sembra dovuto alla tendenza della cornea ad ingiallire.

Ad ogni lunghezza d'onda, dunque, corrisponde una determinata sensazione di colore. Se mettiamo in sequenza tutte le radiazioni monocromatiche visibili, indicate con la loro lunghezza d'onda ed i rispettivi colori percepiti, possiamo costruire lo spettro dei colori. Un *colore di spettro* (*percepito*) è dunque in corrispondenza biunivoca con una radiazione monocromatica (*stimolo*).

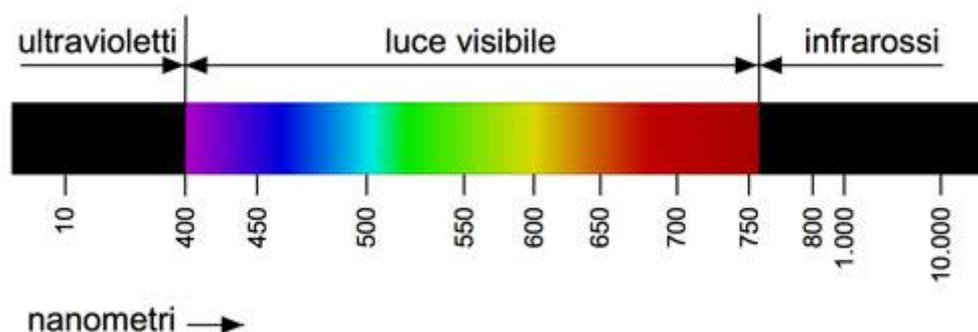


Fig.14: La porzione di spettro del visibile con rappresentazione dei colori [14].

Possiamo notare l'assenza del bianco tra i colori dello spettro. Non sono presenti anche altri colori: il nero, i vari grigi, il rosa, il lilla, il marrone, il porpora e tanti altri. La ragione risiede nel fatto che un colore spettrale costituisce la percezione di una radiazione monocromatica di determinata lunghezza e, la luce del sole, come tutte le luci esistenti in natura, è una miscela di radiazioni monocromatiche di diverse lunghezze.

Infatti, in natura, le radiazioni monocromatiche non esistono: le radiazioni visibili naturali sono sempre una mescolanza di radiazioni monocromatiche in concentrazioni diverse che arrivano contemporaneamente al nostro occhio.

Ogni radiazione monocromatica, se vista isolatamente, viene percepita come un certo colore spettrale. L'occhio, tuttavia, non è in grado di percepire individualmente i singoli colori spettrali di una radiazione non monocromatica, bensì un altro colore non di spettro ma, per così dire, complessivo. Si tratta dei *colori non spettrali*. Per esempio, come si è visto, la luce solare contiene tutte le lunghezze d'onda visibili (ed anche componenti infrarossi ed ultravioletti), ma l'occhio non ne distingue individualmente i colori e ne determina una sensazione complessiva di bianco.

La *curva spettrale* indica la quantità di ogni colore presente in una determinata luce ed in questo senso, è la specifica più obiettiva della cromaticità di una luce; specifica che dipende solo dalle caratteristiche della luce stessa e non dalla sensazione soggettiva di qualche osservatore. Se si mescolano le luci di due sorgenti, la curva spettrale risultante è la somma delle due curve spettrali. Ogni colore può quindi essere definito come una mescolanza di colori puri.

La sensibilità dell'apparato visivo alla radiazione non è la stessa per tutte le lunghezze d'onda. L'occhio umano risponde alle sollecitazioni provocate dalle radiazioni le cui lunghezze sono comprese in un intervallo ristretto e che decresce man mano che ci si porta ai bordi di questo intervallo.

Fisicamente la potenza emessa per ogni singola lunghezza d'onda deve essere "pesata" secondo lo stimolo che fornisce all'apparato visivo, in modo da tenere conto della sensibilità dell'occhio umano.

A tale scopo è stata studiata la risposta dell'organo alle radiazioni di varie lunghezze d'onda sia in condizioni di luce diurna (*visione fotopica*), sia in condizioni di minore intensità luminosa (*visione mesopica e scotopica*).

La radiazione elettromagnetica visibile proveniente dalla sorgente colpisce l'oggetto che a sua volta può:

- Rifletterla;
- Assorbirla;
- Trasmetterla;
- Diffonderla;
- Riemetterla.

A volte sono importanti tutti questi meccanismi, a volte uno di questi è predominante e si possono trascurare gli altri.

Naturalmente, come esamineremo più avanti, una volta fissato l'illuminante, il colore di un oggetto può essere differente a seconda che si osservi in riflessione o in trasmissione, con dipendenza dall'angolo di osservazione e di incidenza della luce: tutti questi parametri devono quindi essere specificati e conosciuti quando si confrontano colori.

Nella pratica di tutti i giorni, la radiazione incidente I colpisce uno strato dx di materiale: una parte viene riflessa (specularmente e diffusamente), una parte assorbita e la restante trasmessa. S e K sono rispettivamente i coefficienti di scattering e di assorbimento del materiale, i quali dipendono dalla lunghezza d'onda.

In figura 15 uno schema di quanto illustrato:

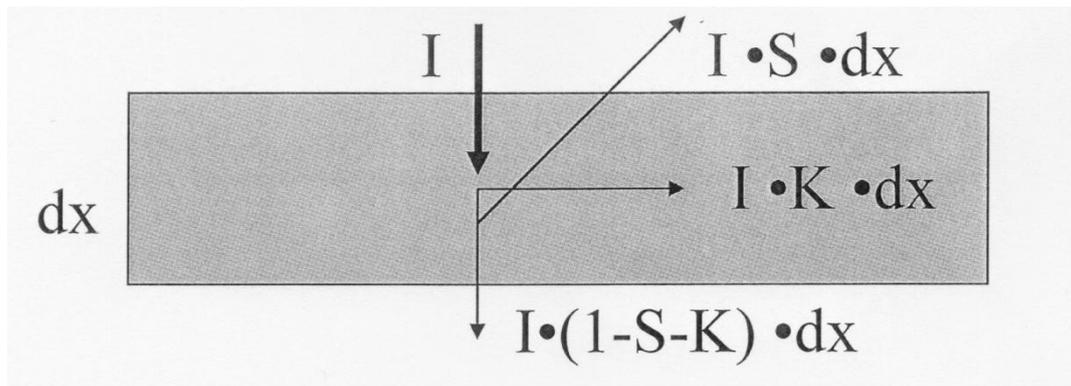


Fig.15: Modalità di divisione della radiazione incidente I che colpisce un oggetto [12].

Il primo elemento della terna oggetto-osservatore-illuminante si può affermare, quindi, che sia completamente caratterizzato dai fattori di riflettanza $R(\lambda)$ o dai fattori di trasmittanza $T(\lambda)$.

3.2 L'IMPORTANZA DELLA SCELTA DELL'ILLUMINANTE

Un oggetto può essere sorgente di luce propria (il sole, una lampadina, ecc.) o essere illuminato. In ogni caso, il nostro rivelatore principale (l'occhio umano) viene colpito da una radiazione elettromagnetica ed elabora, insieme al cervello, la sensazione di colore.

Il termine illuminante non è però sinonimo di sorgente. Con “*sorgente*” intendiamo qualsiasi emettitore di radiazione elettromagnetica nel visibile, mentre il termine “*illuminante*” si riferisce esclusivamente a sorgenti con **distribuzione spettrale di potenza** numericamente nota e definita. In sostanza dobbiamo conoscere, per ogni lunghezza d'onda, esattamente quanti fotoni per unità di area e di tempo vengono emessi.

Diversi illuminanti producono una visione cromatica differente dell'oggetto.

Esistono varie categorie di illuminanti, classificati in base alla distribuzione energetica relativa corrispondente alla radiazione emessa da un corpo nero ad una determinata temperatura misurata in gradi Kelvin. Allego in figura 16 i più comuni ed impiegati.

illuminante	Definizione	Calore
F	Lampada a filamento (incandescenza). Normale lampada domestica in uso in Europa.	2300 - 2800 K
A	illuminante A (incandescenza). Simula l'illuminazione rilevata in uffici e negozi, nonché quella di una comune abitazione, secondo il sistema statunitense.	2856 K
TL84	Luce bianca da magazzino (fluorescenza). E' utilizzata dai dettaglianti europei, in contrapposizione con l'Ultralume 30 in uso negli Stati Uniti.	4000 K
D50	Luce calda tendente al giallo, standard americano per i lavori grafici Industria della stampa	5000 K
D55	Luce del sole più luce del cielo Industria fotografica	5500 K
D65	Luce diurna artificiale 65 (fluorescenza). E' la base per la valutazione cromatica, sia a livello di colorimetria strumentale che visiva, è proposta negli standard europei ed internazionali di misura del colore	6500 K
D75	Luce diurna artificiale 75 (fluorescenza). Base per la valutazione cromatica secondo gli standard statunitensi.	7500 K
UV	Luce ultravioletta	

Fig.16: Principali caratteristiche di alcuni illuminanti [13].

La CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) è l'autorità internazionale sulla luce, l'illuminazione ed il colore. Essa ha descritto l'**illuminante A** come rappresentante della luce al tungsteno (la luce prodotta da lampade ad incandescenza), mentre l'**illuminante C** come rappresentante della luce naturale, poi sostituito dalla classe di illuminanti D per la sua insufficiente energia alle basse lunghezze d'onda.

L'**illuminante D65** rappresenta ciò che si avvicina di più alla distribuzione spettrale di energia della luce nelle zone del Nord Europa ed è corrispondente alla radiazione del corpo nero a 6500° K. Questo illuminante è generalmente adottato come standard per tutte le operazioni che implicano l'uso di strumenti per la determinazione del colore.

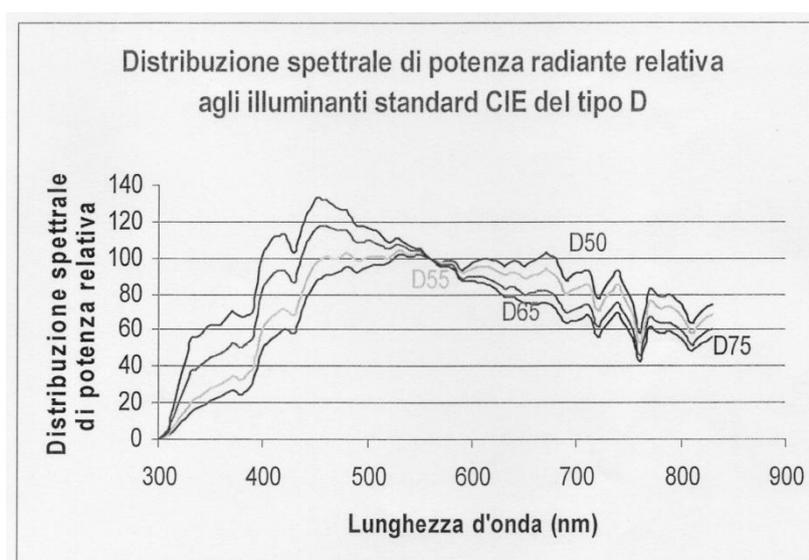


Fig.17: Distribuzione spettrale di potenza di alcuni illuminanti standard [13].

Il secondo elemento della terna oggetto-osservatore-illuminante è dunque completamente definito dalla sua *distribuzione spettrale di potenza*.

3.3 L'OSSERVATORE

Ancora oggi la definizione di osservatore è oggetto di continui miglioramenti. A livello numerico, si tratta di simulare nella maniera più fedele possibile la risposta del nostro occhio agli stimoli luminosi.

La radiazione elettromagnetica che entra nell'occhio viene focalizzata sulla retina, dove si trovano i recettori fondamentali che ci consentono di vedere. Tali recettori sono di due tipi: i coni e i bastoncelli, che svolgono entrambi le loro funzioni grazie ai pigmenti visivi, con i quali riescono ad assorbire la luce a determinate lunghezze d'onda. I bastoncelli sono sensibili a livelli di illuminazione molto bassa, ma non distinguono i colori. Contengono, infatti, un pigmento con la massima sensibilità a circa 510 nm (zona del verde dello spettro). Questo pigmento permette quindi una visione monocromatica con la mancanza totale di colore. I coni sono invece responsabili della visione del colore. Essi funzionano in condizioni di luminosità alta (tipicamente di giorno) e sono di tre tipi diversi, ciascuno dei quali contiene un differente pigmento fotosensibile che presentano massimi di assorbimento intorno ai 430, 530 e 560 nm e, dunque, sensibili al blu, al rosso e al verde, permettendo di distinguere la luce alle differenti lunghezze d'onda ed ottenendo così anche la visione cromatica.

La luce assorbita è quindi convertita in segnali i quali, dopo aver subito varie trasformazioni, giungono al cervello che li traduce in sensazione di colore.

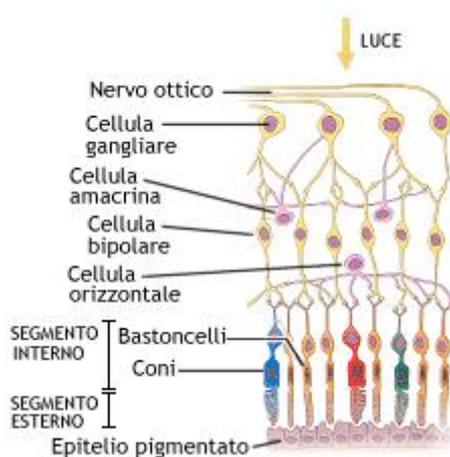


Fig.18: Meccanismo fotochimico della vista [13].

La descrizione delle risposte cromatiche dell'occhio individua quindi tre funzioni di sensibilità spettrale x, y e z, per cui l'occhio risulta numericamente definito da queste tre funzioni.

Note dunque le funzioni che descrivono rispettivamente la sorgente, l'oggetto e l'osservatore, possiamo **descrivere un colore** con tre numeri, chiamati *valori di tristimolo*, X, Y e Z, semplicemente moltiplicando tra loro le funzioni e sommando poi su tutte le lunghezze d'onda, come di seguito indicato:

$$X = \int_{380}^{780} S(\lambda)R(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda \quad Y = \int_{380}^{780} S(\lambda)R(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda \quad Z = \int_{380}^{780} S(\lambda)R(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda$$

Poichè, tuttavia, tali valori numerici non rappresentano se non parzialmente delle sensazioni che usiamo correntemente per descrivere un colore (come ad esempio tinta, saturazione, luminosità, ecc.), da questi numeri ne vengono ricavati altri che sono più vicini alla descrizione comune di un colore.

4. MISURAZIONE DEL COLORE E MONDO AUTOMOTIVE

4.1 AMBITI, OBIETTIVI ED APPLICAZIONI DELLO STUDIO DI IDONEITA' DEL SISTEMA DI MISURA PER LE VALUTAZIONI DEL COLORE DEI MATERIALI TERMOPLASTICI STAMPATI AD INIEZIONE

Poichè abbiamo verificato nella "mission" del Laboratorio di Approvazione Parti per Produzione che il suo compito è dare il benessere ai prodotti prima della loro immissione sul mercato, mediante verifica della conformità alle specifiche dettate da FCA sul colore del particolare come percepito dal cliente finale, appare di fondamentale importanza l'analisi sulla bontà del sistema di misurazione che ne attesta la rispondenza dei prodotti alle suddette specifiche.

Nostro obiettivo è dunque di effettuare lo studio del sopradescritto sistema di misura mediante l'applicazione delle tecniche statistiche scelte ed elaborate nella parte seconda di questo elaborato.

Al fine di permettere al lettore una migliore comprensione delle operazioni di misurazione e valutazione che andremo praticamente a compiere, illustriamo brevemente nei sottocapitoli che seguono alcune nozioni sui metodi e tecniche da Lear applicate su quanto andremo ad effettuare sperimentalmente.

4.2 IL SISTEMA CIELAB E LA SUA RILEVANZA PER IL SETTORE AUTOMOTIVE

Lo studio volto alla misurazione e rappresentazione del colore ha portato allo sviluppo di numerosi modelli per la classificazione e la qualificazione di ciascun colore, tutti traenti origine dal diagramma dei colori di Isaac Newton. L'ultima evoluzione di tali modelli, la più largamente utilizzata in ogni campo, compreso l'automotive e quindi anche in Lear Corporation, è il sistema CIELAB.

In esso, lo spazio definisce il colore a partire dalla percezione dell'osservatore standard e specifica il colore tramite 3 coordinate, ricavate da quelle tristimolo X, Y, Z mediante relazione matematica. Esse sono rispettivamente:

- **L***: indice di luminosità, varia da 0 a 100;
- **a***: assume valori sia negativi che positivi e indica componenti che vanno dal verde al rosso;
- **b***: assume valori sia negativi che positivi e indica componenti che vanno dal blu al giallo.

In figura 19 si riporta una rappresentazione grafica di quanto esplicito:

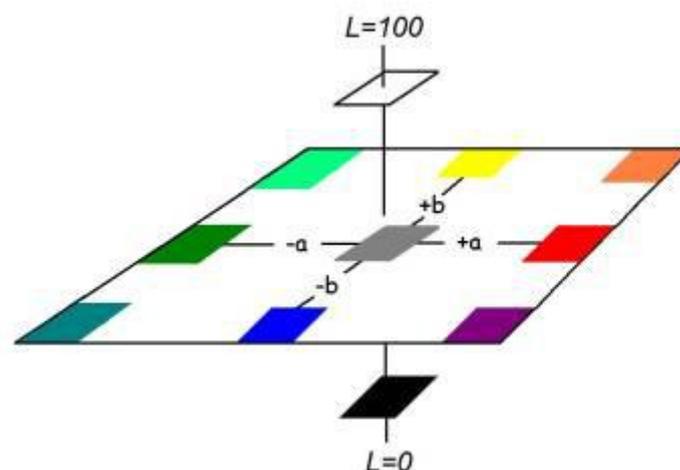


Fig.19: Diagramma dello spazio di colore nel sistema CIELAB [11].

In tale spazio, tinta e saturazione si rappresentano matematicamente con le relazioni:

- $t = a/b$
- $s = (a^2 + b^2)^{1/2}$

Tale spazio consente anche di definire la **differenza (visiva) di due colori**. Infatti, essendo uno spazio tridimensionale, la differenza di due colori è la distanza geometrica tra i due punti colore in esso, vale a dire la distanza fra le coordinate cromatiche, la quale, quindi, può essere calcolata con il Teorema di Pitagora:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

dove:

$$\Delta L = L_p - L_r$$

$$\Delta a = a_p - a_r$$

$$\Delta b = b_p - b_r$$

ed L_p , a_p , b_p sono le coordinate cromatiche del campione di prova, mentre L_r , a_r , b_r sono le coordinate cromatiche del campione di riferimento.

La **differenza di chiarezza** è definita da:

$$\Delta L = L_p - L_r$$

La **differenza di saturazione** è definita da:

$$\Delta C = C_p - C_r, \quad \text{dove} \quad C_p = \sqrt{(a_p^2 + b_p^2)} \quad \text{e} \quad C_r = \sqrt{(a_r^2 + b_r^2)}$$

La **differenza di tinta** è definita da:

$$\Delta H = \sqrt{\Delta E^2 - \Delta L^2 - \Delta C^2}$$

In pratica il ΔE serve come guida per interpretare il significato delle differenze di colore. Infatti, se il suo valore è:

- $< 0,2$: la differenza non è percepibile;
- tra 0,5 e 1,5: la differenza è piccola;
- da 2 a 3: esiste una variazione di colore distinguibile;
- da 3 a 6: la differenza è abbastanza distinguibile;
- tra 6 e 12: significa una forte differenza di colore, tipica di sistemi di scarsa qualità;
- >12 : significa colori diversi.

Dunque la luminanza di colore (L), la tonalità e la saturazione (funzioni di a e b) possono essere valutati e rivisti singolarmente, con rilevanti implicazioni per il campo automotive, dove i materiali plastici possono variare la loro colorazione tra lotti diversi o diversi spazi temporali di produzione; in caso di divergenze di un lotto rispetto a quanto richiesto in specifica prodotto, le coordinate cromatiche possono essere corrette con più elasticità e facilità.

4.3 STRUMENTI PER LA MISURA DEL COLORE E LORO IMPIEGO PRESSO LEAR CORPORATION

Alla luce di quanto detto finora appare doveroso presentare una descrizione degli strumenti impiegati nelle operazioni pratiche di misura del colore.

Una prima, generica catalogazione li riassume in due famiglie:

- **Spettrofotometri**, i quali misurano lo spettro di riflessione e di trasmissione di un materiale e ne calcolano X, Y, Z.



Fig.20: Immagine di uno spettrofotometro

Tipici del settore automotive e i più largamente utilizzati in Lear Corporation, essi hanno una sfera di integrazione per illuminazione diffusa con geometria di lettura di 8° e con specularità inclusa/esclusa del campione misurato. Il software operante nel sistema CIELAB consente di calcolare automaticamente L^* , a^* , b^* e tutte le differenze di colore utilizzando gli illuminanti D65, A e C, con la possibilità di visionare la curva di riflettanza relativa, impiegando una scansione dell'intervallo spettrale di 20 nm.

Schematizziamo essenzialmente lo strumento in figura 21:

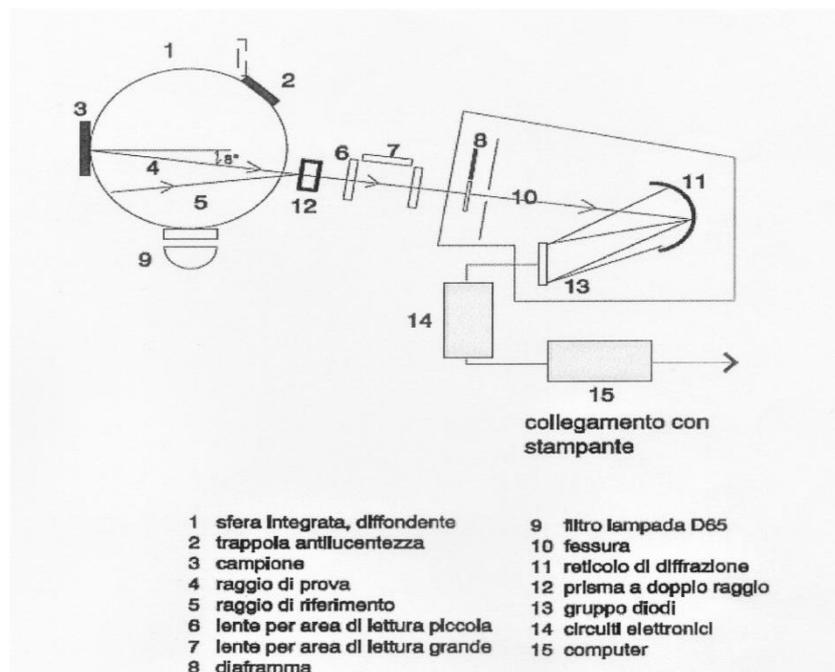


Fig.21: Visualizzazione grafica di uno spettrofotometro per rilievi colorimetrici in automotive [15].

- **Colorimetri**, che calcolano per via ottica X, Y, Z usando dei filtri.

Sono strumenti utilizzati per il confronto dei colori e per la misura delle relative intensità. Nella versione più semplice, il colorimetro utilizza un sistema ottico per il confronto di un colore ignoto (ad esempio di un campione chimico) con un colore noto. Nelle versioni più sofisticate, il campo di confronto è regolabile ed in alcuni modelli sono presenti delle cellule fotoelettriche per la misura della luce trasmessa. Tale versione viene preferibilmente impiegata in campo fotografico ed editoriale, mentre in campo automotive, la normale procedura di misura del colore fa uso di strumenti dedicati, come i colorimetri a riflessione, strumenti derivati dagli spettrofotometri di assorbimento nel visibile per misure in riflessione.

In figura 22 ne riportiamo una raffigurazione tipo.



Fig.22: Immagine di un colorimetro a riflessione [11].

La strumentazione è costituita da una sorgente di luce, un compartimento di misura, un monocromatore, un rivelatore (montati su banchi ottici appropriati) e da un sistema di acquisizione ed elaborazione dei dati.

Comunque, anche buona parte degli spettrofotometri d'assorbimento commerciali dispongono di accessori per la misura del colore. Pure per questi, come per gli strumenti specifici per la misura del colore, dovendo misurare una proprietà psicofisica, devono essere soddisfatte alcune condizioni indispensabili, quali:

- *l'intensità;*
- *il tipo;*
- *la geometria della sorgente luminosa, che dovranno essere scelte accuratamente con riguardo alle notazioni proposte dagli enti specializzati.*

Da non dimenticare, inoltre, che deve essere studiata con cura la *collocazione del campione* alla finestra d'illuminazione in base al tipo di strumento utilizzato ed alla posizione della finestra stessa.

Negli **apparecchi da banco** con *finestra orizzontale*, sulla superficie superiore i materiali solidi sono appoggiati sopra il foro, le polveri e le paste in contenitori col fondo trasparente, mentre in quelli con la *finestra posta su un lato verticale*, i campioni sono premuti contro il foro da morsetti a molla.

Negli **apparecchi portatili** il foro di misura è appoggiato direttamente sulla superficie del campione, se rigido, o protetto da un coperchio trasparente, se in polvere o pastoso. Il vantaggio maggiore di questi ultimi strumenti è la possibilità di misurare sul posto il colore di superfici non trasportabili. In essi la testata ottica può inoltre essere incorporata o esterna e collegata allo strumento tramite un cavo a fibre ottiche. Quando si effettua una misura, la luce riflessa o trasmessa dal campione viene trasportata al sensore costituito da un analizzatore spettrale e dal rivelatore.

L'analisi spettrale può essere effettuata con filtri tristimolo (*tristimulous type*), che selezionano le bande dei colori primari, rosso (bande x_1 e x_2), verde (y) e azzurro (z) dell'osservatore standard, equivalenti ai tre colori che stimolano i fotorecettori specifici dell'occhio: si ricavano poi direttamente i valori tristimolo o funzioni tricromatiche X, Y, Z, trasformabili nelle coordinate di cromaticità CIE e nelle scale di colore derivate.

In altri casi (*spectrophotometric type*) la luce può essere risolta nel suo spettro con monocromatori a filtri o a reticolo con differenti tipi di montaggi. Si produce una scansione sequenziale dello spettro della luce proveniente dal campione, i cui valori percentuali di riflessione o trasmissione vengono poi trasformati mediante calcolo in X, Y, Z.

Nella strumentazione moderna i filtri tristimolo sono applicati su alcuni colorimetri portatili con tre o quattro fotodiodi rivelatori. Non sono quasi mai usati su quelli da banco perchè hanno bassa risoluzione e sono soggetti a degradazione nel tempo.

Per quanto concerne invece il sistema di acquisizione e di elaborazione dei dati, la moderna elettronica a microprocessori ha consentito, oltre al controllo strumentale e all'acquisizione dati, anche la loro presentazione ed elaborazione in tempo reale, pure in strumenti portatili di dimensioni ridotte.

Gli strumenti da banco sono, in generale, interfacciati con un computer, con la conseguente versatilità di utilizzazione di spazi di memoria, software e periferiche; quelli portatili incorporano nello strumento l'intero sistema di gestione.

Tutti questi strumenti generalmente operano mediante il principio della misura "puntuale", ovvero limitata ad una regione molto circoscritta del materiale in esame.

Per completezza di informazione, si sottolinea altresì la presenza in commercio di **densitometri**, strumenti simili ai colorimetri, ma che non usano le caratteristiche dell'osservatore standard CIE 1931 per misure in riflessione e trasmissione, bensì filtri RGB standard. Ovviamente danno un valore approssimato del colore rispetto a spettrofotometri e colorimetri, più tipicamente utilizzati nel settore automotive.

4.4 VALUTAZIONE E SCELTA DELLE METODOLOGIE DI MISURAZIONE PER LEAR CORPORATION

E' sempre necessario effettuare un'accurata analisi sull'obiettivo e gli scopi che si vogliono raggiungere prima di scegliere una metodologia di misurazione del colore, in quanto, non solo le caratteristiche più specificamente "matematiche" della strumentazione, quali la **precisione**, la **risoluzione spettrale** e la **ripetibilità** sono basilari, ma altrettanto importante è la valutazione sulla cosiddetta "**geometria di misura**".

Infatti, soprattutto là dove si devono ottenere dati inconfutabili e confrontabili fra molteplici attori, quali ad esempio quelli di una catena di fornitura (Fornitore \longleftrightarrow Lear \longleftrightarrow Cliente), facendo un'errata scelta di geometria di misura si possono creare seri problemi di comunicazione e valutazione delle differenze di colore.

Infatti, tale parametro è legato al modo in cui la sorgente del colorimetro o spettrofotometro colpisce il campione ed alla posizione del sensore che riceve il segnale, cioè dipende dalla geometria di costruzione degli stessi, così come nella visione umana la luce può essere diffusa o diretta, può provenire da una particolare direzione, l'occhio può osservare il campione da un certo angolo, ecc.

Per tali motivazioni le geometrie di misura sono definite da standard internazionali che, come detto, stabiliscono il modo in cui viene illuminato il campione da misurare e l'angolo con cui viene raccolta la luce riflessa o trasmessa dal campione e convogliata al sensore.

Nello specifico, vi sono più geometrie internazionalmente definite: prendiamo in rassegna quelle maggiormente utilizzate.

La **geometria 45°:0°** usa un'illuminazione direzionale, ovvero la sorgente di luce illumina il campione con un angolo di 45° e l'osservatore è posto sulla normale. In tal modo, una perfetta ed omogenea illuminazione del campione può essere raggiunta solo utilizzando un'illuminazione anulare (geometria 45°c:0). Questa geometria è realizzata portando una serie di fibre ottiche disposte a 45° lungo la circonferenza di illuminazione; ovviamente, il numero di fibre ottiche presenti e la distanza tra una e l'altra determinano la qualità dell'illuminazione, che sarà tanto più uniforme quanto più sarà elevato questo numero di fibre ottiche. Ci sono casi applicativi dove il campione può essere illuminato anche da un singolo raggio di luce a 45° e la sigla che

rappresenta questa geometria è la seguente: $45^\circ \times 0^\circ$. Si può schematicamente illustrare quanto definito in figura 23:

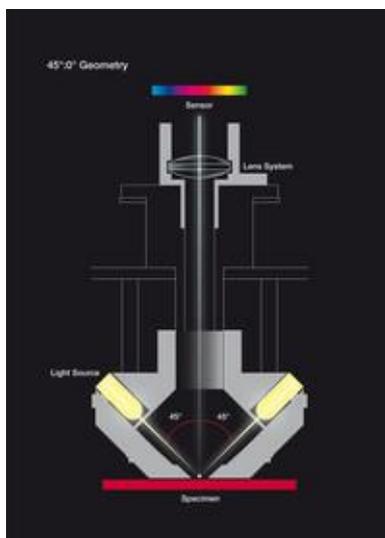


Fig.23: Geometria $45^\circ \times 0^\circ$ con illuminazione anulare [16].

Questa tipologia di geometria è idonea per risultati dipendenti dal gloss e dalla superficie. Per *gloss* si intende la quota di luce riflessa specularmente. La sua misura sperimentale è effettuata mediante strumenti appositi denominati *glossmetri* ed è fortemente influenzata da fattori come lo stato della superficie (finitura/goffratura), l'angolo di irradiazione/riflessione, la dimensione dell'area di lettura e la planarità della superficie.

La **geometria d:8** è realizzata con uno speciale componente ottico (sfera di Ulbricht) che diffonde la luce. Una lampada allo xenon collocata all'interno della sfera proietta la luce sulla superficie di quest'ultima, ricoperta con un materiale bianco (solitamente solfato di bario, ceramica o plastiche speciali), che la riflette totalmente in modo uniforme sul campione.

Per evitare che la luce venga proiettata direttamente sul campione, ci sono all'interno della sfera degli otturatori od altre parti ottiche, in modo tale che il campione posto sul foro d'apertura della sfera riceva una luce uniforme in tutte le direzioni.

Con questa geometria le differenze di superficie (aspetto superficiale e livello di gloss) non influenzano la misura.

Sulla sommità della sfera, nella posizione di 8° rispetto alla normale, è collocato il sensore.

In alcuni strumenti, per eliminare la componente speculare riflessa dal campione, è stata inserita una trappola di luce posta a 8° rispetto alla verticale nel lato opposto a

quello del sensore. Quando questa “trappola di gloss” è aperta, la luce riflessa per componente speculare viene eliminata dal computo dell’energia totale riflessa dal campione.

Esiste anche la possibilità di realizzare questa misura attraverso l’utilizzo di una lampada direzionale anzichè della “trappola di gloss”; tale tecnica si chiama “gloss numeric control”.

Le due misure sopra citate, quella cioè che include la componente speculare e quella che la esclude, vengono indicate nel seguente modo: $di:8^\circ$ e $de:8^\circ$.

La figura 24 è ad illustrazione di quanto descritto.

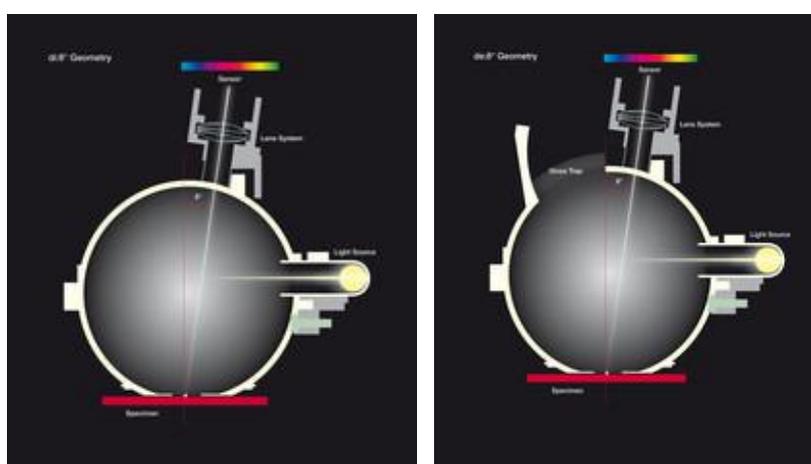


Fig.24: Geometria a sfera $d:8^\circ$, con ($de:8^\circ$) o senza ($di:8^\circ$) [16].

Tale geometria è risultata idonea per misure sia dipendenti dal gloss e dalla superficie che indipendenti.

Un’altra speciale **geometria** è la $d:0^\circ$ (ampiamente utilizzata anche nell’industria cartaria). Ugualmente alla geometria $d:8^\circ$, anche qui il campione è illuminato in modo uniforme; tuttavia, essendo l’osservatore posto a 0° , automaticamente la misura esclude la componente speculare e quindi i risultati sono comparabili con la geometria $de:8^\circ$.

I materiali rivestiti superficialmente con effetti metallici, invece, non sono valutabili con geometrie a sfera $di:8^\circ$ e $de:8^\circ$, in quanto la loro valutazione cromatica è molto influenzata dall’angolo di visione. In questi casi è necessario misurare il colore sotto angoli diversi e se il campione viene illuminato, ad esempio, con un angolo di 45° , l’angolo di osservazione viene descritto come angolo “away specular” con l’acronimo “as”. Potremo dunque trovare delle geometrie così siglate: $45^\circ:as25^\circ$, $45^\circ:as45^\circ$ od ancora, la combinazione degli angoli può essere $45^\circ:as15^\circ$ o $45^\circ:as110^\circ$.

Naturalmente, l'angolo di illuminazione e di visione potrebbero essere invertiti rispetto a quelli precedentemente descritti, senza che ciò possa influenzare e cambiare il risultato. Ad esempio, $d:8^\circ$ e $8^\circ:d$ o $45^\circ:0^\circ$ e $0^\circ:45^\circ$ sono equivalenti.

Per completezza di informazione, sebbene tale metodologia non sia utilizzata in Lear, è utile precisare che, oltre alla misura di riflessione fino a qui considerata, molti strumenti da banco offrono anche la possibilità di misurare il colore in **trasmissione**. Per fare questo, il campione trasparente viene allocato in una camera di trasmissione che è posta fra il foro di uscita della luce della sfera e quello per convogliare la luce al sensore. In generale, quando si opera in trasmissione, il foro adibito per la misura in riflessione viene chiuso da una superficie bianca come la piastrina di calibrazione. Questa geometria è rappresentata dalla sigla: $di:180^\circ$. In questo modo si raccoglie tutta la luce trasmessa sia diffusa che direzionale. Se, invece, nella porta di misura in riflessione viene posta una trappola di luce, la geometria realizzata sarà: $de:180^\circ$ e solo la componente di trasmissione diffusa sarà misurata. Questi strumenti, tuttavia, non sono pratici e sono poco flessibili perchè non possono misurare in riflessione.

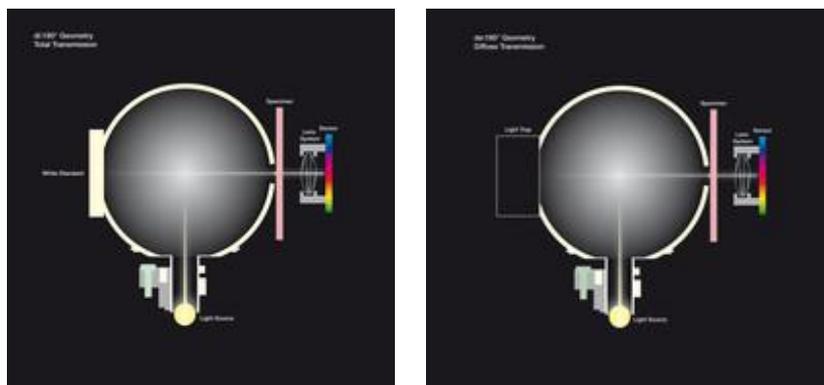


Fig.25: Geometria $d:180^\circ$ con $di:180^\circ$ per la misura totale della trasmissione o $de:180^\circ$ per la sola misura diffusa [16].

Essa viene impiegata soprattutto per misure in trasmissione di liquidi o solidi trasparenti. Appare necessario precisare che in campo automotive è fondamentale che il risultato della misura debba combaciare il più possibile con la visione umana, giacchè il cliente finale che deve essere soddisfatto è il consumatore. Di conseguenza la misura deve dipendere dal trattamento superficiale, speculare o goffrato. Per questo scopo le geometrie che escludono la componente speculare sono idonee.[16]

Le soluzioni tecniche, quindi, scelte presso Lear Corporation sono la geometria $45^\circ:0^\circ$ e le geometrie a sfera $de:8^\circ$ o $d:0^\circ$.

Se invece si vuole valutare il colore indipendentemente dall'aspetto superficiale per cogliere esclusivamente le variazioni causate dai coloranti e dalle loro concentrazioni, la riflessione totale deve essere misurata.

4.5 REALIZZAZIONE DELLA NORMA DI PROVA PER LA MISURAZIONE DELLE COORDINATE CROMATICHE PRESSO IL LABORATORIO METROLOGICO DI LEAR CORPORATION

Come già anticipato nella parte seconda di questo elaborato, le normative dei Sistemi di Gestione per la Qualità, ma soprattutto un'impresa che tiene al controllo ed alla crescita del proprio business, come pure alla soddisfazione dei propri Clienti, ha necessità di standardizzare le metodologie di esecuzione delle prove, nonché garantire che tutto il personale esegua le stesse in modo corretto ed affidabile.

A tal fine, abbiamo sviluppato una norma di prova per la misurazione delle coordinate cromatiche presso il Laboratorio Metrologico, di cui riporto in seguito i punti essenziali.

1) SCOPO

La presente norma stabilisce le metodologie per la determinazione strumentale delle coordinate cromatiche e delle differenze di colore tra uno standard ed un campione.

2) CAMPO D'APPLICAZIONE

La presente norma si applica ai processi di prova e misurazione nel Laboratorio Metrologico di Qualità Centrale, utilizzati per:

- il benessere iniziale alla fornitura di un componente;
- la rivalutazione (riqualifica) periodica dello stesso componente;
- la fase di verifica casuale od a seguito di non conformità di una fornitura del componente già a suo tempo oggetto di benessere.

3) RESPONSABILITA'

Il Responsabile ed il personale del Laboratorio Metrologico sono responsabili per la corretta applicazione della seguente norma.

4) PROCEDURA

4.1) Condizioni di misura

Si adottano le seguenti modalità internazionali standardizzate:

- 1) Per la definizione dei valori, le coordinate tricromatiche nello spazio colorimetro CIELAB 1976: L^* , a^* , b^* .
- 2) Come illuminante, si utilizza l'illuminante D65.
- 3) E' necessario distinguere "l'aspetto" di un oggetto dal colore dello stesso.

Alla definizione del primo concorrono, oltre alla colorazione, le caratteristiche morfologiche della superficie e la lucentezza.

Dunque l'influenza di queste caratteristiche sull'aspetto ha evidenziato la non generalizzabilità dei risultati, nel senso che i valori colori non si comportano nello stesso modo.

Inoltre, mentre la goffratura è un fattore "modificante" legato alle scelte progettuali ed è di tipo geometrico, la lucentezza è determinata anche da caratteristiche intrinseche dei materiali stessi. Ne consegue che una valutazione di colore, soprattutto se finalizzata ad un confronto, va eseguita tenendo costanti la goffratura e la lucentezza.

In ogni caso, queste due caratteristiche vanno specificatamente indicate sul modulo di valutazione del colore.

4) Scegliere se effettuare le misure con specularità inclusa o esclusa.

Nella misura del colore, con la prima modalità tutta la luce riflessa dal campione in esame, all'interno della sfera integratrice dello spettrofotometro, viene utilizzata per l'analisi cromatica, mentre nella seconda la luce che viene analizzata manca della quota di luce riflessa specularmente.

Questa sottrazione si realizza strumentalmente attraverso l'apertura di una feritoia nella parte posteriore della sfera integratrice.

4.2) Strumentazione necessaria

- Spettrofotometro;
- Placchette di riferimento piombate (standards) "bianco" e "nero".

4.3) Oggetto di Prova e sua preparazione

L'oggetto di prova è un provino stampato ad iniezione di materiale termoplastico avente:

- dimensioni 180 x 105 mm;
- spessore 3 +/- 0,5 mm.

Qualora non vi sia la possibilità di preparare il provino, utilizzare il componente così com'è per le operazioni di misurazione.

4.4) Operazioni preliminari

Assicurarsi che tutta la strumentazione sia alimentata e che venga utilizzata entro la data di scadenza della prossima manutenzione.

4.5) Taratura e Calibrazione

Prima di effettuare misurazioni di colore (e comunque dopo le 4 ore di funzionamento continuo dello strumento) occorre eseguire la taratura come di seguito indicato:

- Digitare il comando di calibrazione;
- Selezionare la dimensione dell'area di lettura (grande o piccola);
- Posizionare lo standard bianco di calibrazione a diretto contatto della finestra di lettura;
- Digitare il comando di misurazione;
- Posizionare lo standard nero di calibrazione a diretto contatto della finestra di lettura;
- Digitare il comando di misurazione.

Lo spettrofotometro è ora predisposto per la misurazione del colore.

Per ulteriori dettagli, verificare il Manuale d'Uso dello strumento.

4.6) Misurazione strumentale del colore

- Sottoporre il provino a misura di Gloss;
- Selezionare i provini in funzione del Gloss rilevato;
- Utilizzando lo spettrofotometro, scegliere di eseguire la lettura del colore con la specularità inclusa/esclusa;
- Scegliere le dimensioni dell'area di lettura: 280 mm² (large area), oppure 20 mm² (small area);
- Posizionare il provino nell'apposita sede con la superficie in esame a contatto della finestra di lettura dello spettrofotometro;
- Premere il comando di lettura per la misurazione del colore
- Visualizzare le coordinate cromatiche;
- Salvare i risultati.

4.7) Misurazione strumentale delle differenze di colore

- Sottoporre il nuovo provino in esame a misura di Gloss;
- Selezionare i provini in funzione del Gloss rilevato;
- Utilizzando lo spettrofotometro, scegliere di eseguire la lettura del colore con la specularità inclusa/esclusa;

- Scegliere le dimensioni dell'area di lettura: 280 mm² (large area), oppure 20 mm² (small area);
- Posizionare il provino nell'apposita sede con la superficie in esame a contatto della finestra di lettura dello spettrofotometro;
- Premere il comando di lettura per la misurazione del colore
- Visualizzare le coordinate cromatiche;
- Visualizzare l'analisi spettrale;
- Memorizzare i risultati ed eventualmente stamparli;
- Richiamare a video, dalla banca dati, i parametri colorimetrici del provino di riferimento e quelli relativi al provino in esame;
- Richiamare a video le differenze tra le coordinate cromatiche dei due suddetti campioni ed eventualmente stampare;
- Verificare che l'entità degli eventuali scostamenti dal valore nominale sia:
 - $\Delta L^* \pm 0,30$
 - $\Delta a^* \pm 0,30$
 - $\Delta b^* \pm 0,30$

4.8) Raccolta dati e loro archiviazione

I dati vengono salvati sul software del PC collegato allo spettrofotometro ed eventualmente stampati ed archiviati insieme alla pratica di analisi, qualora siano collegati ad un'attività di benessere all'avvio produzione di un nuovo prodotto o siano il risultato di una verifica per riqualifica periodica del componente.

5.9 Flow-Chart del processo di misurazione

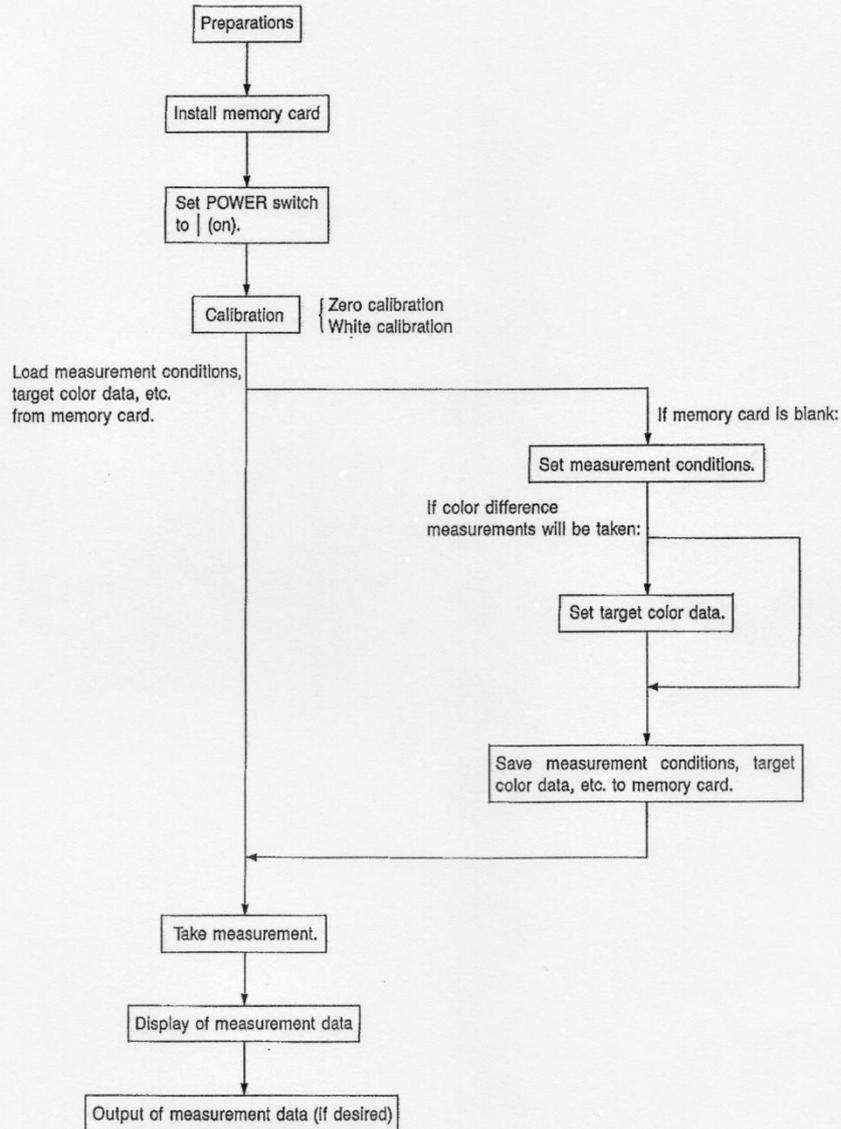


Fig.26: Flow-Chart del processo di misurazione [15].

4.6 ANALISI DELLE MISURE: VALUTAZIONE DI RIPETIBILITA' E RIPRODUCIBILITA' DEL SISTEMA DI MISURA

La nostra analisi procede ora in dettaglio sperimentale a valutare la validità del Sistema di Misura impiegato presso il Laboratorio Metrologico di Lear Corporation, proprio per avere la certezza di poter garantire l'affidabilità dei risultati da esso

ottenuti, in quanto dal loro esito Lear procede a dare il nulla osta all'immissione sul mercato di un prodotto plastico.

A tal fine, come già anticipato nella seconda parte di questo elaborato, abbiamo ideato e sviluppato una procedura che definisca come effettuare tale studio, in conformità alle normative internazionalmente riconosciute, di cui riporto i punti salienti qui di seguito.

1) Scopo

Scopo della procedura è di stabilire e definire un metodo con il quale valutare se i processi di misura utilizzati nel Laboratorio Metrologico sono statisticamente adeguati a rilevare o a discriminare, secondo le prescrizioni d'uso, le variazioni delle misurazioni, in quanto esse sono sempre intrinsecamente soggette a due fonti di variazione: la precisione degli strumenti e la capacità (e l'esperienza) degli operatori.

2) Campo d'applicazione

La presente procedura si applica ai processi di misura in essere presso il Laboratorio Metrologico e negli stabilimenti là dove sia richiesta l'applicazione di tecniche di Ripetibilità e Riproducibilità e fornisce:

- ◆ Criteri per valutare se un processo di misura è adeguato o inadeguato per il controllo richiesto;
- ◆ Criteri di comparazione fra strumenti/processi di misura;
- ◆ Criteri per accettazione di nuovi strumenti/processi di misura;
- ◆ Criteri di comparazione per strumenti di misura prima e dopo riparazione/calibrazione.

3) Responsabilità

Il Responsabile Qualità, l'Ingegnere di processo ed il Responsabile del Laboratorio Metrologico sono responsabili della corretta applicazione della seguente procedura.

4) Procedura

4.1) Studio di Ripetibilità e Riproducibilità su Processi di Misura per Variabili

- 1) Prendere un campione che sia rappresentativo del reale range di variazione del processo;
- 2) Numerare i pezzi in modo che le numerazioni non siano visibili dai misuratori;
- 3) Verificare lo stato di conservazione e di taratura dello strumento di misura;
- 4) Tre misuratori A, B, C, addestrati all'uso dello strumento ed ugualmente esperti, procedono alla misura dei pezzi;

5) Il misuratore A misura i pezzi in ordine casuale e scrive i risultati sul foglio dei dati rilevati (figura 27) nella tabella contrassegnata con la sigla “OPERATORE A”, nella colonna “1° PROVA”;

LEAR CORPORATION

FOGLIO DEI DATI RILEVATI

Pozzilli Plant - Qualità

PARTICOLARE CARATTERISTICA DISEGNO N°

NOME APPARECC. _____

TIPO APPARECC. _____

RISOLUZIONE _____

MATRICOLA _____

DATA _____

FIRMA _____

OPERATORE A				
PARTI	1° PROVA	2° PROVA	MEDIA	DISPERSIONE
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

AVERAGE	AVERAGE	\bar{X}_A	\bar{R}_A
---------	---------	-------------	-------------

OPERATORE B				
PARTI	1° PROVA	2° PROVA	MEDIA	DISPERSIONE
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

AVERAGE	AVERAGE	\bar{X}_B	\bar{R}_B
---------	---------	-------------	-------------

OPERATORE C				
PARTI	1° PROVA	2° PROVA	MEDIA	DISPERSIONE
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

AVERAGE	AVERAGE	\bar{X}_C	\bar{R}_C
---------	---------	-------------	-------------

$\bar{X} =$	$\bar{R} =$
-------------	-------------

$UCL_R = \bar{R} D_4 =$	
$LCL_R = \bar{R} D_3 =$	
$UCL_X = \bar{X} + A_2 \bar{R} =$	
$LCL_X = \bar{X} - A_2 \bar{R} =$	

Fig.27: Foglio dei dati rilevati [6].

6) La stessa procedura viene eseguita dai misuratori B e C (su fogli separati) scrivendo i dati nelle rispettive tabelle “OPERATORE B” e “OPERATORE C”, nella colonna “1° PROVA”;

7) Tutti e tre i misuratori ripetono il ciclo, usando un differente ordine casuale di misura e scrivono i dati rilevati nella colonna “2° PROVA” delle rispettive tabelle nei rispettivi fogli.

8) I dati rilevati dovranno essere introdotti nell’opportuno file excel (che ha la stessa struttura del foglio dei dati rilevati), riportandoli negli appositi spazi. Il foglio di lavoro risulta protetto e non è possibile modificare formule e/o procedure di calcolo.

4.2) Analisi dei risultati

Dopo aver introdotto i rilievi, il foglio di calcolo provvederà (attraverso le formule riportate in figura 28) al calcolo automatico di:

- **Ripetibilità**, ovvero variabilità attribuita allo strumento;
- **Riproducibilità**, ovvero variabilità attribuita al misuratore;
- **Ripetibilità e Riproducibilità R&R**;
- **Part Variation PV**, variabilità delle parti, ovvero ampiezza dell'intervallo della caratteristica in esame entro cui cade il 99% della produzione;
- **Total Variation TV**, ovvero variabilità complessiva.

Come per il foglio dei dati rilevati, il foglio dei risultati è protetto e non è possibile modificare formule e/o procedure di calcolo.

4.3) Criteri di Accettabilità

Per verificare l'adeguatezza del Sistema di Misura, bisogna valutare il valore % di R&R rispetto alla TV del processo. Se questo valore è:

- **< del 10%**, il sistema di misura è completamente adeguato;
- **Compreso tra il 10% ed il 30%**, il processo di misura è accettabile, ma va valutata l'ipotesi di una eventuale riparazione/ritaratura in relazione al tipo e all'importanza della misura ai fini del controllo del processo, al costo dello strumento di misura ed al costo della riparazione/ritaratura.
- **Oltre il 30%**, il processo **non è accettabile**: necessita di miglioramenti (ad esempio, ritaratura o riparazione, cambio del metodo di misura, ecc.).

4.4) Analisi grafica dei risultati

Il programma di calcolo provvede ad eseguire, sulla base dei dati introdotti, il grafico della carta delle medie X e delle dispersioni R, con i relativi limiti di controllo superiore ed inferiore per tutti e tre gli operatori.

Nella carta delle medie, l'area compresa nei limiti di controllo rappresenta l'errore di misura. Se metà o più delle medie cadono all'esterno di questi limiti, allora lo strumento di misura è adeguato per il controllo del processo. Se invece, meno della metà dei punti cade all'esterno dei limiti di controllo, allora il sistema di misura è inadeguato per il controllo del processo.

<p style="text-align: center;">RIPETIBILITA' -(EQUIPMENT VARIATION - EV)</p> $EV = \overline{\overline{R}} \cdot K_1$ <p>$\overline{\overline{R}}$ = media delle \overline{R}</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>TRIALS</th> <th>K₁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>4.56</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3.05</td> </tr> </tbody> </table>	TRIALS	K ₁	2	4.56	3	3.05	<p>% EV = 100 EV /TV</p>														
TRIALS	K ₁																				
2	4.56																				
3	3.05																				
<p style="text-align: center;">RIPRODUCIBILITA' - (APPRAISER VARIATION AV)</p> $AV = \sqrt{(X_{DIFF} \cdot K_2)^2 - EV^2/n \cdot r}$ <p>$X_{diff} = \overline{X_{max}} - \overline{X_{min}}$ r = numero delle serie di prova (trials) n = numerosità del campione in prova</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>APPRAISER</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>K₂</td> <td>3.65</td> <td>2.70</td> </tr> </tbody> </table>	APPRAISER	2	3	K ₂	3.65	2.70	<p>% AV = 100 AV /TV</p>														
APPRAISER	2	3																			
K ₂	3.65	2.70																			
<p style="text-align: center;">RIPETIBILITA' & RIPRODUCIBILITA' - R&R</p> $R\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2}$	<p>% R&R = 100 R&R /TV</p>																				
<p style="text-align: center;">PART VARIATION - PV</p> $PV = R_P \cdot K_3$ <p>R_P = dispersione delle medie delle misure effettuata su ogni parte in prova</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>PART(n)</th> <th>K₃</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2</td><td>3.65</td></tr> <tr><td>3</td><td>2.70</td></tr> <tr><td>4</td><td>2.3</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.08</td></tr> <tr><td>6</td><td>1.93</td></tr> <tr><td>7</td><td>1.82</td></tr> <tr><td>8</td><td>1.74</td></tr> <tr><td>9</td><td>1.67</td></tr> <tr><td>10</td><td>1.62</td></tr> </tbody> </table>	PART(n)	K ₃	2	3.65	3	2.70	4	2.3	5	2.08	6	1.93	7	1.82	8	1.74	9	1.67	10	1.62	<p>% PV = 100 PV /TV</p>
PART(n)	K ₃																				
2	3.65																				
3	2.70																				
4	2.3																				
5	2.08																				
6	1.93																				
7	1.82																				
8	1.74																				
9	1.67																				
10	1.62																				
<p>TOTAL VARIATION TV = $\sqrt{R\&R^2 + PV^2}$</p>																					

Fig.28: Formule utilizzate per lo studio R&R [6].

Abbiamo, dunque, effettuato i rilievi con lo spettrofotometro delle tre coordinate cromatiche L*, a*, b* su di una placchetta plastica specifica.

Le misure, in conformità alla nostra procedura, sono state effettuate da tre Tecnici di Laboratorio, denominati “operatore A”, “operatore B” e “operatore C”; ciascuno di loro ha effettuato i rilievi in 10 punti differenti, ripetendo le misurazioni per due volte non consecutive.

I dati raccolti sono i seguenti:

 LEAR CORPORATION Laboratorio Metrologico	FOGLIO DEI DATI RILEVATI					
	PARTICOLARE CARATTERISTICA DISEGNO N°			MASTER NERO 808 D21 L* /		
NOME APPARECC. TIPO APPARECC. RISOLUZIONE	SF147 SPETTROFOTOMETRO 10 nm			MATRICOLA DATA FIRMA	SF147 ##### /	

OPERATORE A						
PARTI	1° PROVA			2° PROVA		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	24,580	-0,030	-0,560	24,270	-0,040	-0,440
2	24,440	0,000	-0,450	24,330	-0,010	-0,500
3	24,410	-0,020	-0,400	24,470	-0,040	-0,420
4	24,490	-0,020	-0,510	24,620	-0,070	-0,480
5	24,590	-0,050	-0,610	24,470	-0,030	-0,600
6	24,620	-0,030	-0,550	24,710	-0,060	-0,600
7	24,690	-0,030	-0,440	24,760	0,000	-0,500
8	24,750	-0,030	-0,540	24,810	-0,030	-0,550
9	24,560	-0,040	-0,410	24,740	-0,020	-0,530
10	24,530	-0,040	-0,300	24,680	0,000	-0,390

OPERATORE B						
PARTI	1° PROVA			2° PROVA		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	24,600	0,010	-0,530	24,710	0,000	-0,510
2	24,240	0,010	-0,460	24,310	-0,050	-0,560
3	24,480	0,000	-0,420	24,480	-0,040	-0,420
4	24,480	0,010	-0,510	24,560	-0,050	-0,510
5	24,250	-0,010	-0,540	24,390	-0,020	-0,610
6	24,370	0,010	-0,470	24,600	-0,040	-0,500
7	24,450	0,030	-0,490	24,520	0,030	-0,440
8	24,830	0,010	-0,550	24,920	0,000	-0,600
9	24,890	-0,040	-0,510	24,740	-0,060	-0,520
10	24,590	-0,040	-0,370	24,690	0,000	-0,450

OPERATORE C						
PARTI	1° PROVA			2° PROVA		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	24,370	-0,010	-0,490	24,520	-0,040	-0,480
2	24,250	-0,050	-0,500	24,320	-0,030	-0,540
3	24,480	0,030	-0,490	24,760	-0,020	-0,520
4	24,700	-0,040	-0,580	24,830	-0,040	-0,560
5	24,860	-0,030	-0,580	24,830	-0,100	-0,560
6	24,930	-0,040	-0,520	24,890	-0,020	-0,560
7	24,800	0,000	-0,460	24,480	-0,030	-0,460
8	24,870	0,000	-0,560	24,860	-0,030	-0,550
9	24,900	-0,010	-0,540	25,000	-0,020	-0,570
10	24,700	-0,020	-0,390	24,600	0,030	-0,410

Fig.29: Dati rilevati al 1° studio

Procediamo ora con l'elaborazioni statistiche con l'obiettivo di effettuare lo studio di Ripetibilità e Riproducibilità, ovviamente valutando ciascuna coordinata cromatica in quanto i valori non possono essere trattati uniformemente poichè si tratta di differenti grandezze, con differenti unità di misura e range.

1° STUDIO SU COORDINATA L*:

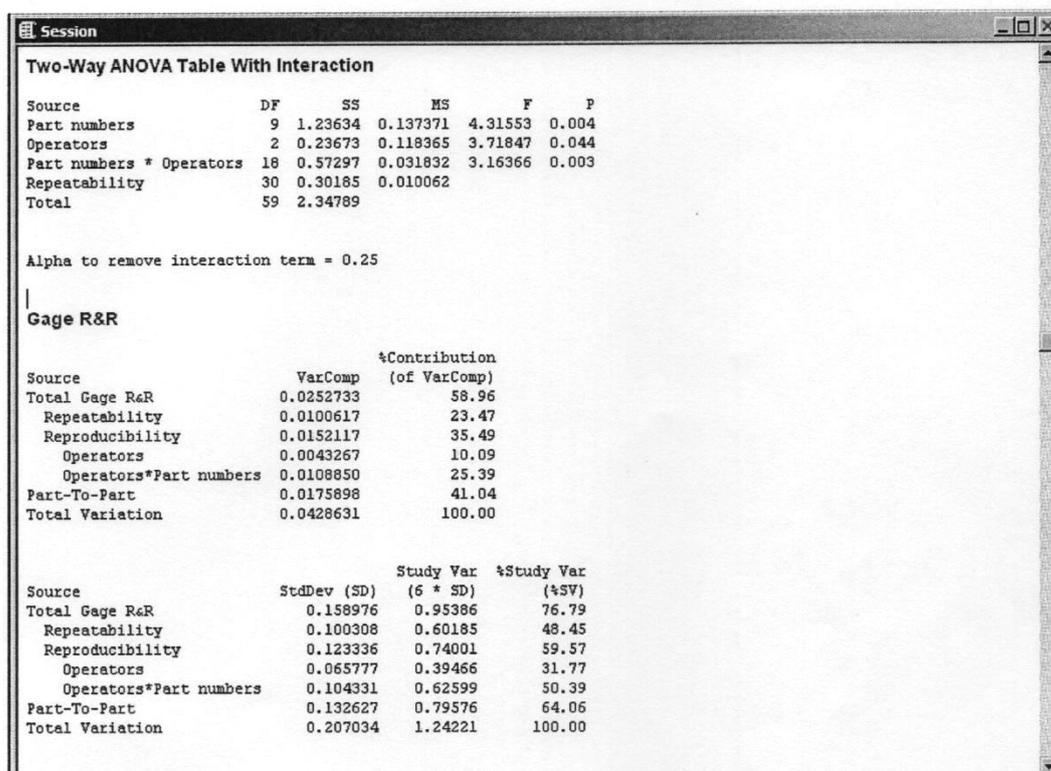


Fig.30: 1°studio su coordinata L*

Verifichiamo dunque che, poichè la ripetibilità e riproducibilità dell'intero sistema di misura "**Total Gage R&R**" è del 76,79%, il sistema in aggregato non è idoneo per le misurazioni di L* richieste.

Approfondiamo, dunque, le nostre valutazioni procedendo per passi.

Verifichiamo dapprima il contributo degli operatori "**Riproducibilità**" e della strumentazione "**Ripetibilità**", al fine di analizzare se uno di questi due fattori sia quello che più incide sul giudizio di non idoneità del sistema di misura nel suo complesso e porci le azioni correttive del caso per riportarlo ad un livello di accettabilità (<30%). Vediamo, però, che l'elaborazione statistica associa agli operatori un contributo pari al 59,57%, mentre per l'apparecchiatura uno pari al 48,45%, dunque valori di non efficacia per entrambi.

Possiamo ancora analizzare più in profondità la questione suddividendo ulteriormente le componenti di variazione del sistema di misura ed effettuando le valutazioni statistiche sui loro singoli andamenti, riportati in figura 31.

Nell'ordine abbiamo elaborato:

1. le 4 componenti principali di variazione (sistema di misura: *gage R&R* - operatori: *Riproducibilità* - strumento: *Ripetibilità* - parti oggetto di misura: *Part to Part*);
2. la carta delle dispersioni;
3. la carta delle medie;
4. il diagramma di distribuzione dei valori di L^* per rilievo;
5. il diagramma di distribuzione dei valori di L^* per operatore;
6. il grafico delle interazioni fra operatore e parte rilevata.

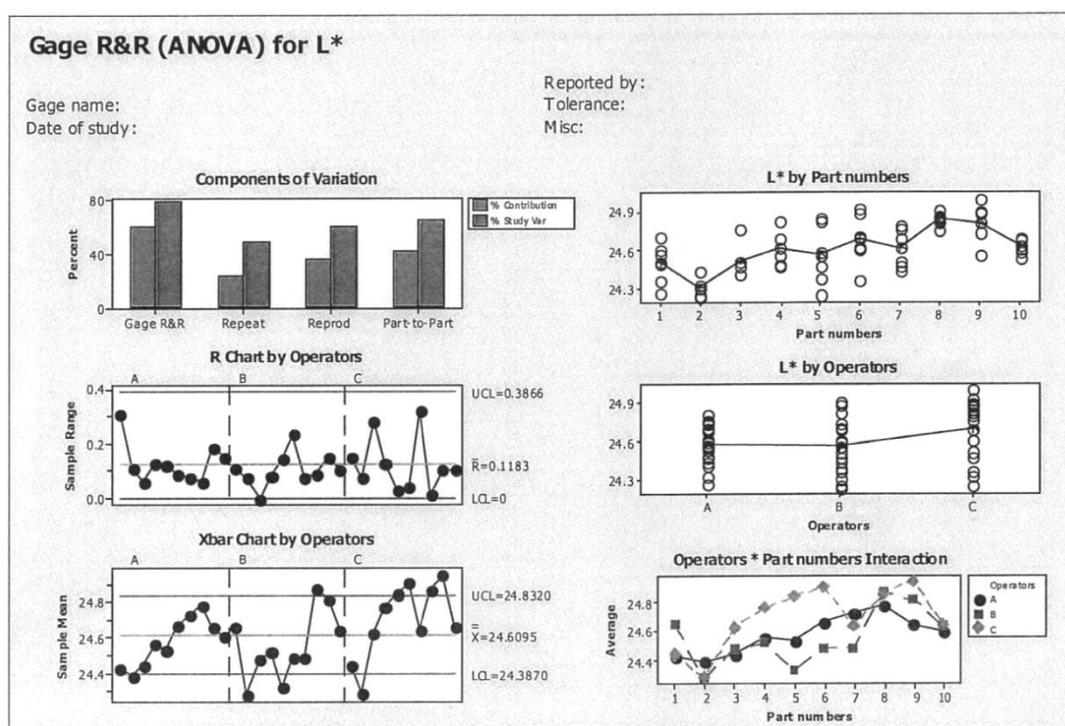


Fig.31: Grafici coordinata L^* (1°studio)

Analizzando ciascun grafico, per ordine, nella sequenza sopra indicata e graficamente riportata, osserviamo che:

1. l'istogramma mostra che la variazione totale che evidenzia la non idoneità del sistema di misura nel suo complesso è attribuibile in alta misura parimenti a tutti e 4 gli elementi contribuenti;
2. la carta mostra che la dispersione data dagli operatori è piuttosto elevata rispetto all'entità dei limiti superiore ed inferiore, in quanto l'oscillazione è ampia ed è pari ad un terzo rispetto al limite superiore (UCL);
3. la carta della media evidenzia che non vi è elevata omogeneità fra gli operatori;

4. il diagramma di distribuzione dei valori di L^* per rilievo conferma quanto affermato al punto precedente, in quanto sottolinea l'oscillazione del rilievo di una stessa misurazione se effettuato da operatori diversi;

5. il diagramma di distribuzione dei valori di L^* per operatore mette in luce quanto già evidenziato nell'istogramma per quanto concerne l'ampia variazione fra i punti di misura;

6. anche il grafico delle interazioni tra operatore e parte rilevata conferma ogni singolo punto di quanto analizzato finora, indicando una notevole variazione del sistema.

Gli stessi commenti e, di conseguenza, le stesse conclusioni possono essere estese anche alla valutazione delle altre due coordinate cromatiche.

Per completezza di analisi, riportiamo le elaborazioni statistiche relative anche a queste, al fine di mostrare quanto affermato.

1° STUDIO SU COORDINATA a^* :

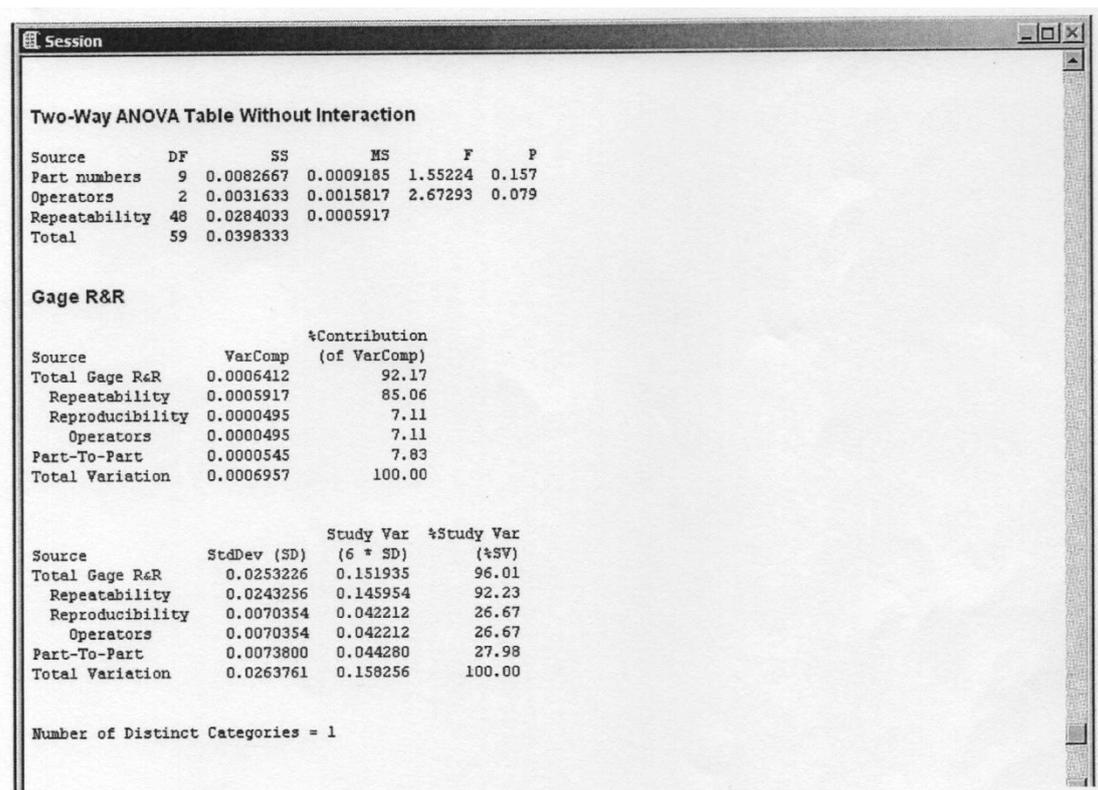


Fig.32: 1°studio su coordinata a^*

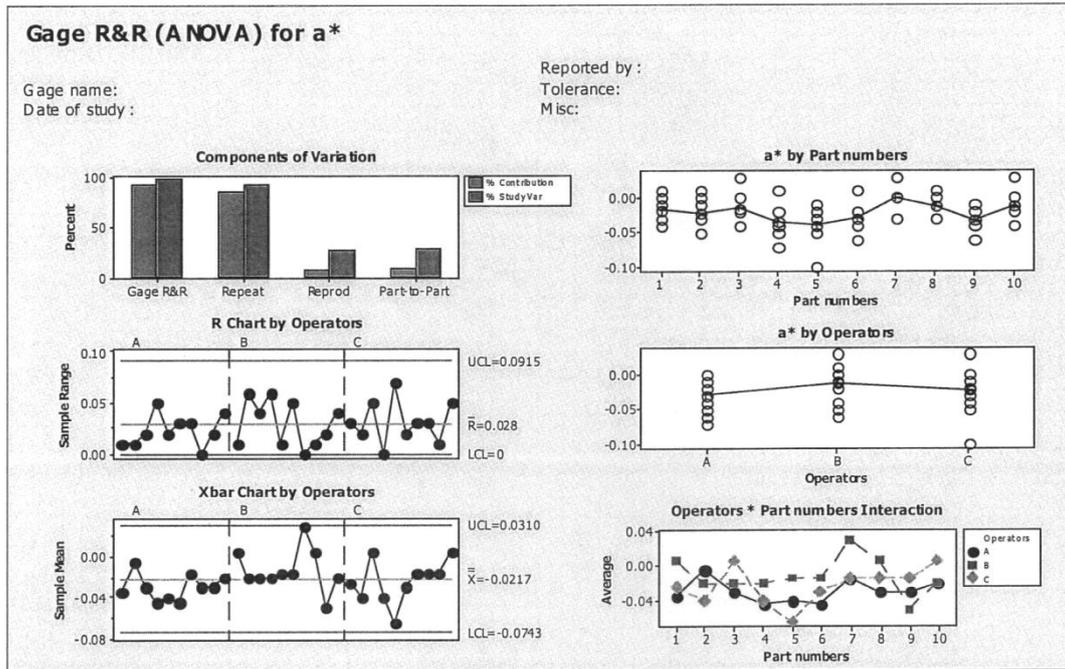


Fig.33: Grafici coordinata a* (1°studio)

In aggiunta a quanto sostenuto, l'unico commento rimarcabile è l'evidenza che il contributo alla elevata variabilità totale del sistema di misura è qui oltremodo esagerato per quanto riguarda la ripetibilità dello strumento in sé (92,23%).

1° STUDIO SU COORDINATA b*:

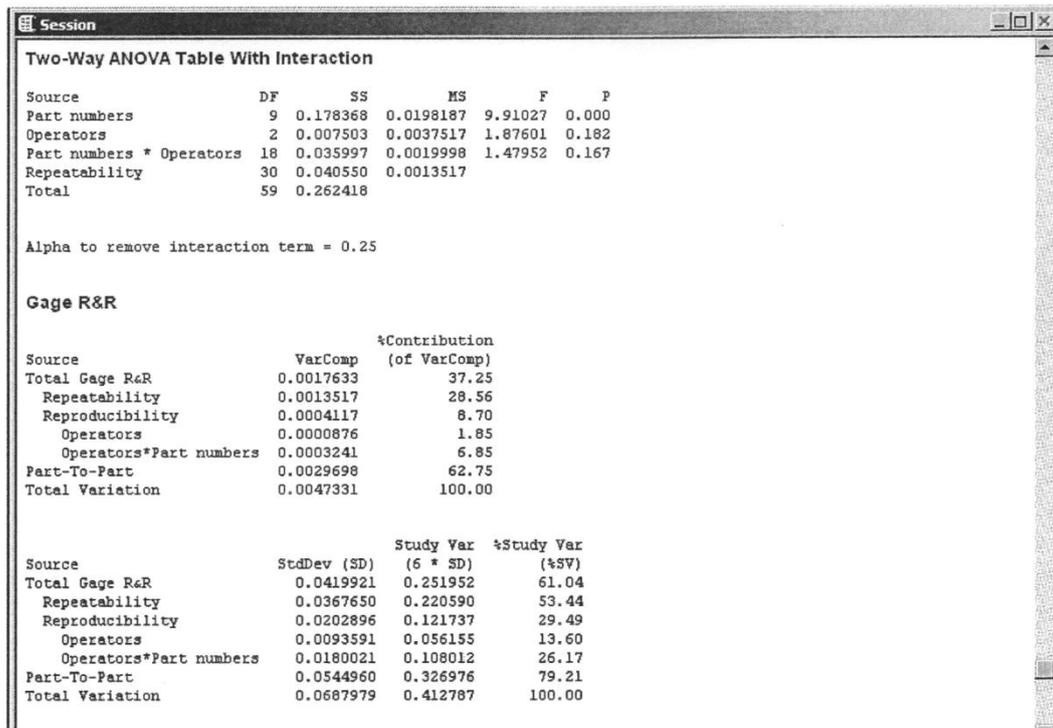


Fig.34: 1°studio su coordinata b*

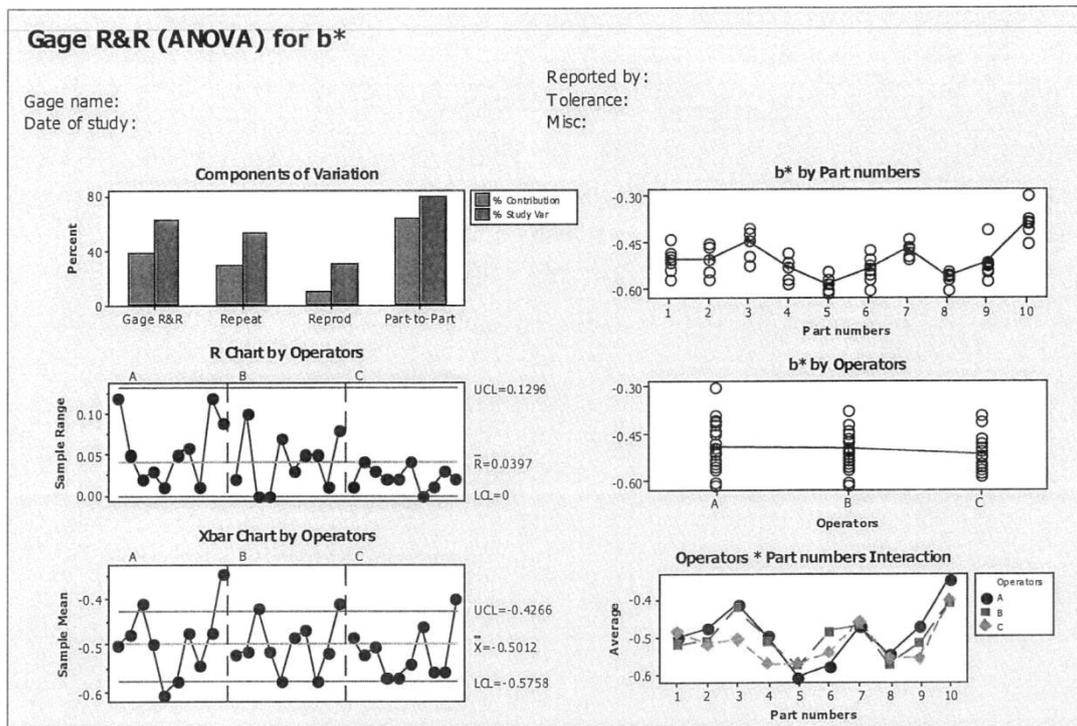


Fig.35: Grafici coordinata b* (1°studio)

4.7 AZIONI CORRETTIVE A SEGUITO DI NON CONFORMITA' RILEVATA SULLA VALUTAZIONE DI RIPETIBILITA' E RIPRODUCIBILITA' DEL SISTEMA DI MISURA

Facendo fronte alle considerazioni emerse a seguito delle valutazioni sulle elaborazioni statistiche di cui al capitolo precedente, ipotizziamo di intervenire sulle modalità di realizzazione delle misurazioni, vale a dire cerchiamo di migliorare il sistema di misura agendo sui punti seguenti:

- maggiore oggettivazione delle modalità di misurazione mediante:
 - blocco completo dello strumento;
 - oggettivazione del posizionamento dello strumento rispetto l'operatore;
 - utilizzo della stessa modalità di misurazione da parte dell'operatore, vale a dire stessa mano (destra) per operatori destri e mancini;
 - descrizione di maggior dettaglio nella norma di prova dei passi da seguire per effettuare la misura;
- maggiore oggettivazione del punto di rilievo misurazioni sul pezzo mediante:
 - costruzione di una dima di riferimento per definire precisamente i dieci punti in cui effettuare la misura;

- costruzione di una dima di riferimento per il centraggio dell'obiettivo dello strumento sui dieci punti in cui effettuare la misura;

- effettuazione di maggior formazione sull'operatore risultato meno ripetibile; egli, infatti, è un addetto ancora in addestramento, in quanto facente parte del personale di Laboratorio da meno tempo rispetto agli altri.

4.8 VALIDAZIONE E VERIFICA DELL'EFFICACIA DELLE AZIONI CORRETTIVE INTRAPRESE SUL SISTEMA DI MISURA

A fronte dell'aggiornamento della norma di prova relativa e degli altri interventi effettuati come sviluppato nel capitolo precedente, si esegue un'altra identica serie di misurazioni sullo stesso particolare, realizzate dagli stessi tre operatori. Si procede quindi alla valutazione dello studio di ripetibilità e riproducibilità proseguendo come già compiuto nel capitolo 4.6 precedente.

Applichiamo gli stessi passi.

LEAR CORPORATION Laboratorio Metrologico		FOGLIO DEI DATI RILEVATI				
NOME APPARECC. SF147		PARTICOLARE CARATTERISTICA		MASTER NERO 808 D21		
TIPO APPARECC. SPETTROFOTOMETRO		DISEGNO N°		L*		
RISOLUZIONE 10 nm		MATERIALE SF147		/		
		DATA #####				
		FIRMA				

OPERATORE A						
PARTI	1° PROVA			2° PROVA		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	24,29	-0,00	-0,46	24,29	-0,01	-0,49
2	24,33	-0,01	-0,51	24,32	0,03	-0,50
3	24,51	-0,05	-0,41	24,48	-0,00	-0,47
4	24,78	-0,05	-0,54	24,84	-0,04	-0,55
5	24,74	-0,05	-0,54	24,72	-0,02	-0,55
6	24,66	-0,00	-0,41	24,68	0,01	-0,43
7	24,85	-0,07	-0,55	24,86	-0,02	-0,54
8	24,77	-0,08	-0,48	24,73	0,00	-0,55
9	24,68	-0,00	-0,48	24,75	-0,03	-0,46
10	24,3	-0,03	-0,45	24,26	-0,03	-0,46

OPERATORE B						
PARTI	1° PROVA			2° PROVA		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	24,34	0,02	-0,47	24,33	0,01	-0,48
2	24,36	-0,05	-0,53	24,37	0,01	-0,58
3	24,47	0,01	-0,49	24,53	-0,01	-0,42
4	24,79	-0,01	-0,59	24,81	-0,05	-0,56
5	24,74	0,01	-0,60	24,74	-0,05	-0,56
6	24,70	-0,01	-0,43	24,63	-0,00	-0,42
7	24,89	-0,05	-0,55	24,86	0,02	-0,57
8	24,73	0,00	-0,52	24,73	-0,06	-0,47
9	24,74	0,00	-0,50	24,72	-0,01	-0,44
10	24,33	-0,03	-0,46	24,33	0,01	-0,47

OPERATORE C						
PARTI	1° PROVA			2° PROVA		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	24,40	-0,05	-0,44	24,36	0,00	-0,44
2	24,38	-0,04	-0,51	24,37	-0,02	-0,51
3	24,55	0,00	-0,46	24,54	-0,04	-0,44
4	24,77	-0,04	-0,56	24,82	-0,05	-0,57
5	24,77	-0,02	-0,55	24,80	-0,05	-0,59
6	24,63	-0,04	-0,44	24,66	-0,01	-0,44
7	24,90	-0,02	-0,56	24,86	-0,02	-0,56
8	24,78	-0,03	-0,49	24,81	-0,04	-0,53
9	24,67	-0,04	-0,41	24,77	0,02	-0,48
10	24,42	0,02	-0,44	24,38	0,00	-0,41

Fig.36: Dati rilevati al 2° studio

Dai dati rilevati, effettuiamo l'elaborazione statistica.

2° STUDIO SU COORDINATA L*:

Session

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part numbers	9	2.31649	0.257388	211.874	0.000
Operators	2	0.01633	0.008167	6.723	0.007
Part numbers * Operators	18	0.02187	0.001215	1.649	0.110
Repeatability	30	0.02210	0.000737		
Total	59	2.37679			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0013233	3.01
Repeatability	0.0007367	1.67
Reproducibility	0.0005867	1.33
Operators	0.0003476	0.79
Operators*Part numbers	0.0002391	0.54
Part-To-Part	0.0426956	96.99
Total Variation	0.0440189	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.036378	0.21827	17.34
Repeatability	0.027142	0.16285	12.94
Reproducibility	0.024221	0.14593	11.54
Operators	0.018644	0.11186	8.89
Operators*Part numbers	0.015462	0.09277	7.37
Part-To-Part	0.206629	1.23977	98.49
Total Variation	0.209807	1.25884	100.00

Fig.37: 2°studio su coordinata L*

Verifichiamo subito che gli interventi che abbiamo ideato e realizzato sono stati efficaci, in quanto il sistema di misura ha ora un valore di “**Total Gage R&R**” del 17,34%, dunque perfettamente accettabile ed idoneo per le misurazioni richieste.

A conferma di ciò, sia la “**Riproducibilità**” che la “**Ripetibilità**” sono entrambe da considerarsi buone.

Procediamo nuovamente nell'analisi di dettaglio, al fine di verificare cosa è migliorato.

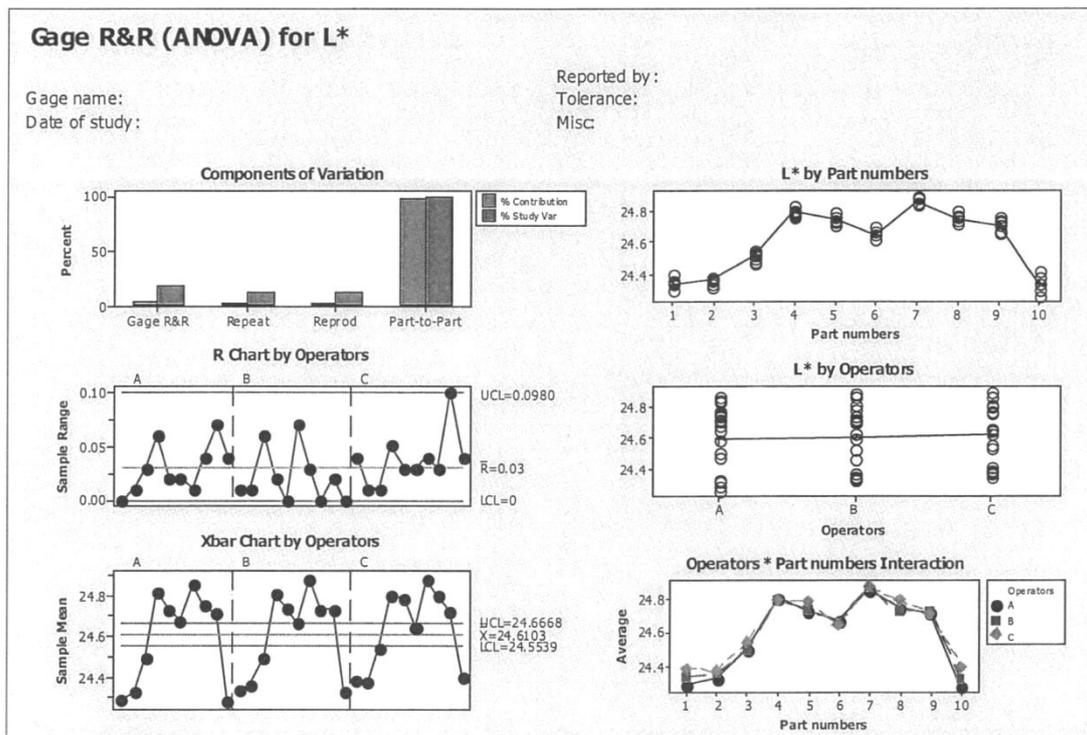


Fig.38: Grafici coordinata L* (2°studio)

1. l'istogramma mostra che la variazione totale è in gran parte attribuibile alla variazione data dai diversi punti di rilievo della stessa placchetta;
2. la carta delle dispersioni evidenzia che la differenza di misurazione fra gli operatori è molto contenuta: scende addirittura ad un valore di 0,03 contro lo 0,11 dello studio precedente;
3. la carta della media degli operatori evidenzia ora che sono perfettamente omogenei;
4. stessa cosa è messa in luce anche dal diagramma di distribuzione dei valori di L*;
5. stesso dicasi per il grafico delle interazioni fra operatore e parte;
6. il diagramma di distribuzione dei valori di L* per operatore, invece, pone nuovamente in risalto quanto già evidenziato nell'istogramma, ovvero che è presente un'ampia variazione fra i diversi punti di rilievo della placchetta.

Ciò sta a significare che la placchetta o non è uniforme nella sua goffratura, o non è perfettamente planare in ogni sua parte.

Portando la placchetta ad un'analisi sulla goffratura nei dieci punti di rilievo, gli stessi per i quali si è effettuata la misurazione delle coordinate cromatiche, possiamo verificare se la causa di variazione delle parti è data da tale disomogeneità.

In caso affermativo, sarà necessario procedere ad un intervento sul fornitore, al fine di forzarlo a correggere il suo processo di goffratura ed a inserire in esso un punto di verifica periodica della goffratura, con il duplice obiettivo sia di tenere sotto controllo il proprio processo ed attrezzature, sia di garantirci che vengano immessi sul mercato prodotti conformi alle esigenze del cliente.

Nel caso in cui, invece, la goffratura risulti conforme ed uniforme, si scarcerà la placchetta, quale risultato di una non corretta movimentazione, trasporto o conservazione e si procederà ad una valutazione più approfondita su tali attività, al fine di apportare le correzioni o comunque i miglioramenti necessari.

Per completezza di analisi, valutiamo ancora le altre due coordinate cromatiche, riportando le stesse elaborazioni statistiche.

2° STUDIO SU COORDINATA a*:

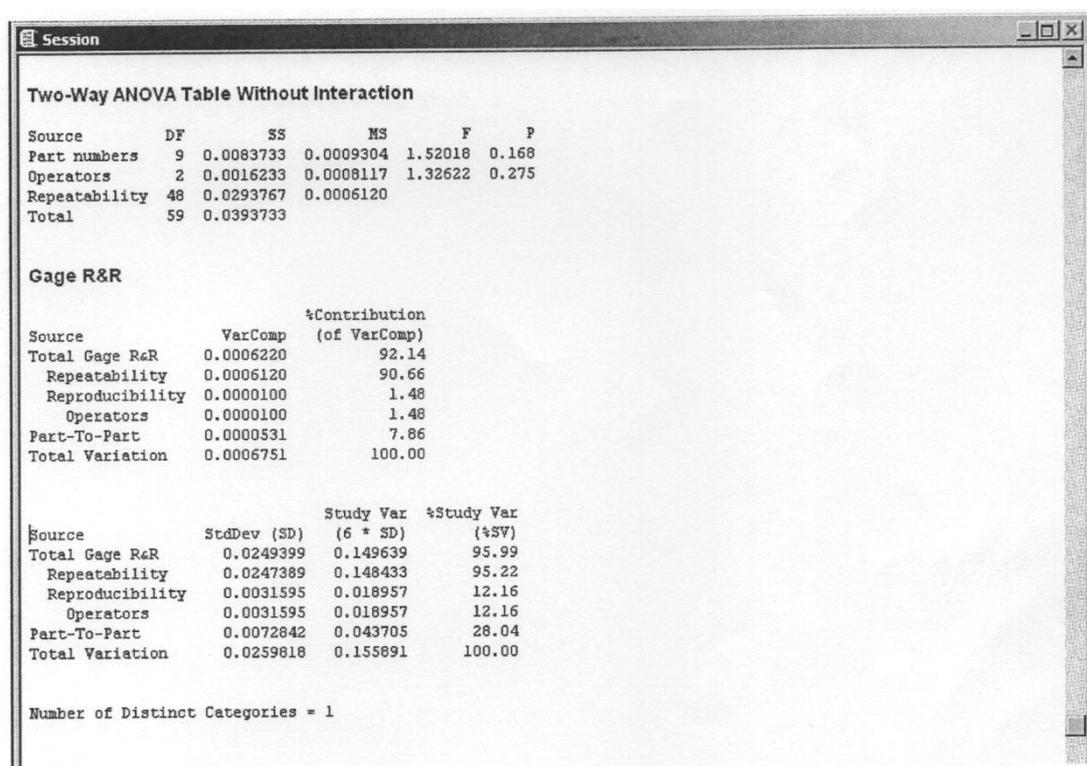


Fig.39: 2°studio su coordinata a*

In questo caso si osserva che il sistema di misura non risulta ancora idoneo alle misurazioni richieste, avendo un "Total Gage R&R" del 95,99%.

Ma verificando il contributo di "Ripetibilità" si evince che esso è praticamente il predominante componente che dà una tale notevole entità di variazione del sistema(95,22%), mentre la "Riproducibilità" è assolutamente accettabile (12,16%).

Prendiamo poi in esame i diagrammi di dettaglio, esposti nella pagina successiva.

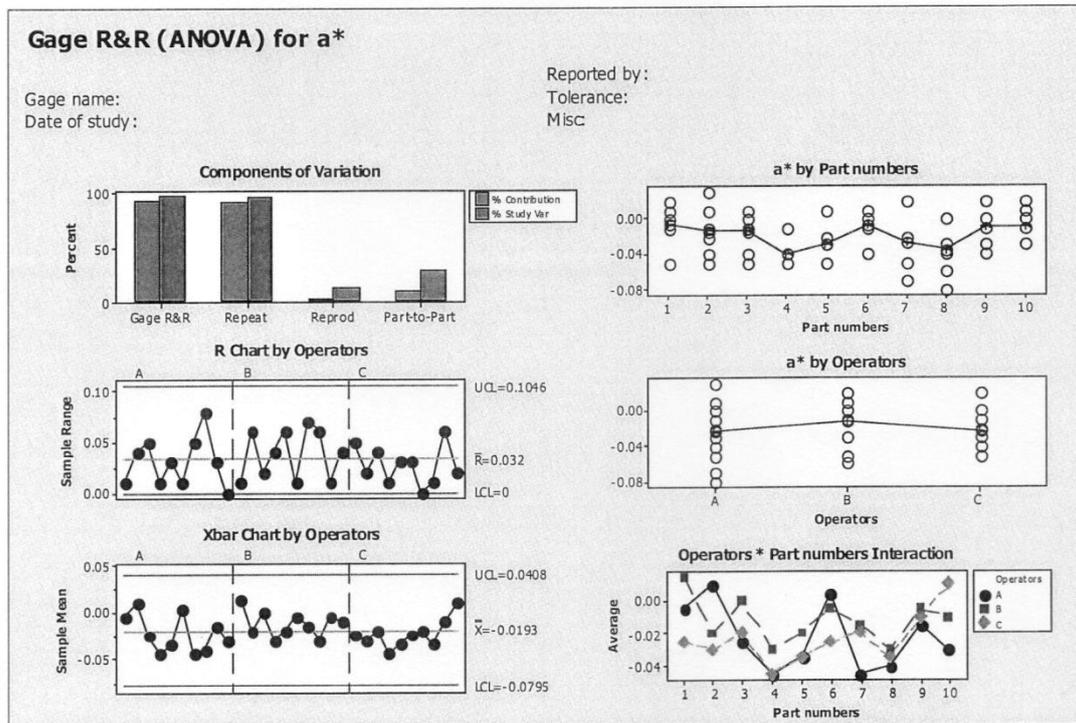


Fig.40: Grafici coordinata a* (2°studio)

Essi confermano con stessa evidenza che la non idoneità del sistema di misura è data in ampia parte dalla variazione della strumentazione.

I passi seguenti potrebbero portare ad una valutazione dell'incertezza dello strumento legata all'entità dei nostri rilievi.

Nel contempo, però, consideriamo che l'obiettivo del Laboratorio Metrologico Lear, così come delle specifiche del nostro Cliente e successiva qualifica rispetto ad esse per l'immissione sul mercato di un prodotto, si rivolge a verificare delle coordinate cromatiche così come percepite e distinte dal nostro utente finale e, dunque, dall'occhio umano.

In conseguenza di ciò, la ripetibilità, la precisione e l'accuratezza dello strumento non è tale da incidere sulla percezione finale del colore da parte del Cliente.

E dunque, in ultima analisi, il rapporto costi-benefici che risulterebbe da un intervento sulla strumentazione, nonché l'acquisto di un nuovo apparecchio, non sarebbe favorevole.

2° STUDIO SU COORDINATA b*:

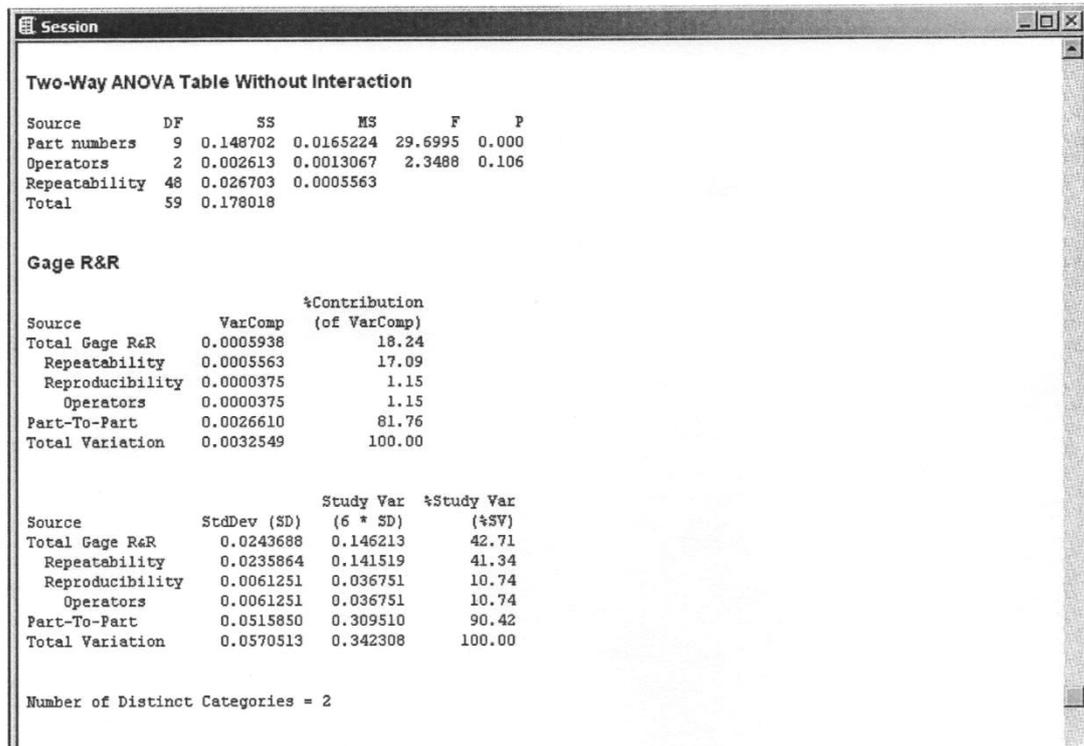


Fig.41: 2°studio su coordinata b*

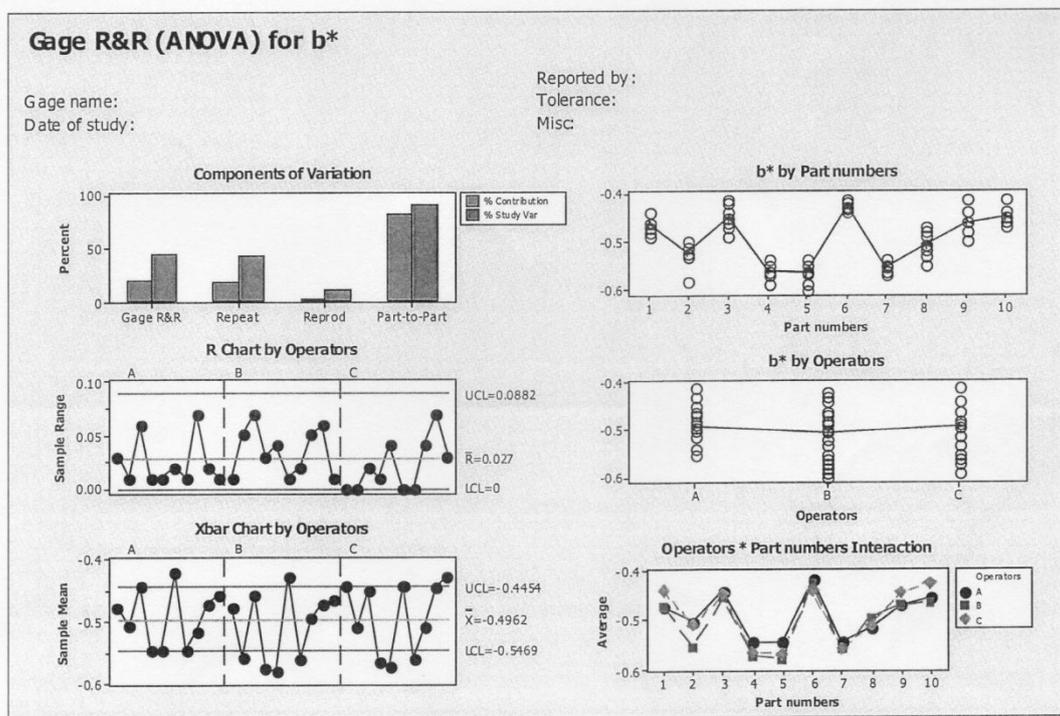


Fig.42: Grafici coordinata b* (2°studio)

Le stesse valutazioni e considerazioni sviluppate per la coordinata cromatica a* possono essere applicate anche a quella b*, come appare naturale e logico che sia, essendo le due coordinate, come abbiamo appurato, che vanno ad identificare la tinta ed avendo, inoltre, entità paragonabili in unità di misura.

Bibliografia

- [1] *CIRM World Research, “La Percezione della Normazione”, UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione), 2003.*
- [2] *Norma UNI ISO/TS 16949, “Requisiti per l’applicazione della ISO 9001:2008 per la produzione nell’industria automobilistica”, UNI, Milano, 2009.*
- [3] *Norma UNI ISO/IEC 17025, “Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura”, UNI, Milano, 2007.*
- [4] *Mondaini Davide, “Gestire il cambiamento, organizzandosi per processi”, Amministrazione e Finanza, Varese, 2000.*
- [5] *Juran J.M., “Quality Control Handbook”, Mc Graw Hill, New York, 1998.*
- [6] *Quality Operating Systems (QOS), Global Quality Handbook, Lear Corporation.*
- [7] *Galgano A., “La Qualità Totale: Wide Quality Control come nuovo sistema manageriale”, Il Sole 24 Ore Libri, Milano, 2008.*
- [8] *UNI EN ISO 9001, “Sistemi di Gestione per la Qualità”, UNI, Milano, 2009.*
- [9] *Sito ufficiale ANFIA, <https://www.anfia.it/it/> (ultimo accesso Aprile 2018).*
- [10] *QS9000 AIAG Reference Manuals, “MSA - Measurement Systems Analysis”, Carwin Continuous Ltd, 2012.*
- [11] *Sito di colorimetria di M. Boscarol, www.boscarol.com, (ultimo accesso Maggio 2018)*
- [12] *B.Berlin e P.Kay, “Basic color terms: their universality and evolution”, University of Berkeley, Berkeley, 1999.*
- [13] *S.Gelmetti, “Teoria degli spazi di colore”, Hunter, 2001.*
- [14] *A.Ford e A.Roberts, “Colour space conversion”, Zenger, 1998.*
- [15] *FCA Standards, “Valutazione del colore dei materiali termoplastici stampati ad iniezione”, Normazione FCA.*
- [16] *Sito di colorimetria, <http://www2.konicaminolta.eu> (ultimo accesso maggio 2018).*