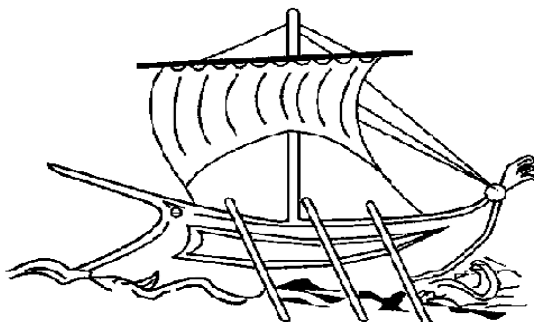


**ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΚΛΩΣΤΟΨΦΑΝΤΟΥΡΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ. Ε.**



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

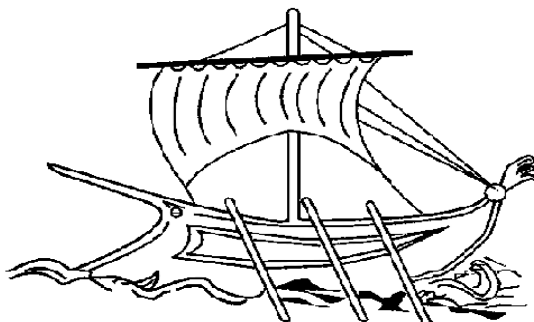
**ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ  
ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ**

**ΑΔΑΜΑΝΤΙΑ ΣΚΟΥΡΛΕΤΟΥ**

**για την απόκτηση Πτυχίου Μηχανικού Κλωστοϋφαντουργού**

**ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2016**

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΚΛΩΣΤΟΥΨΑΝΤΟΥΡΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ. Ε.**



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ  
ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ**

**AN INTRODUCTION TO PRINCIPLES OF COATINGS TECHNOLOGY**

**ΑΔΑΜΑΝΤΙΑ ΣΚΟΥΡΑΕΤΟΥ**

**για την απόκτηση Πτυχίου Μηχανικού Κλωστοϋφαντουργού**

Εισηγητής: Δρ. Αναστάσιος Γκοτσόπουλος

**ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2016**

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

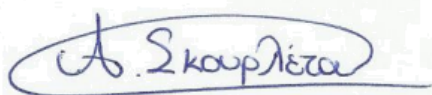
Η κάτωθι υπογεγραμμένη Αδαμαντία Σκουρλέτου, του Κωνσταντίνου, φοιτήτρια του Τμήματος **Κλωστοϋφαντουργών Μηχανικών Τ.Ε.** του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρώσει εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18. παρ.5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού».

Η Δηλούσα



Ημερομηνία

30.03.2016

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον Δρα Αναστάσιο Γκοτσόπουλο για την καθοδήγηση και τις υποδείξεις του με τις οποίες συνέβαλε τα μέγιστα στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την εταιρεία *Vitex – Αφοί Γιαννίδη Α.Ε.* που μου έδωσε τη δυνατότητα πραγματοποίησης της πρακτικής μου άσκησης στα εργαστήρια Έρευνας και Ανάπτυξής της, γεγονός που αποτέλεσε και την “έμπνευση” για την παρούσα εργασία.

Επίσης, τόσο την εταιρεία *Vitex – Αφοί Γιαννίδη Α.Ε.* όσο και την εταιρεία *Kraft Paints – Druckfarben* για τη λήψη φωτογραφιών για την εργασία μου.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΣΥΝΟΨΗ.....</b>	<b>ix</b>
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xiii
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΧΡΩΜΑ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Ιστορική Αναδρομή.....	1
1.2 Θεωρίες για το Χρώμα.....	3
1.3 Η Κυματική Θεωρία του Φωτός.....	4
1.4 Το Χρώμα και η Ψυχολογία.....	5
1.5 Η Μελέτη του Χρωματικού Κύκλου.....	5
1.6 Το Χρώμα Σήμερα.....	6
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>7</b>
2.1 Βασικοί Ορισμοί.....	7
2.2 Σύνθεση Επιχρισμάτων.....	7
2.2.1 Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Σύνθεση ενός Επιχρίσματος.....	8
2.2.2 Υπολογιζόμενες Παράμετροι για Κάθε Συνταγή Επιχρίσματος.....	9
2.2.2.1 Μη πτητική ουσία, NVM ( <i>Non Volatile Matter</i> ).....	9
2.2.2.2 Απόδοση, Y ( <i>Yield</i> ).....	10
2.2.2.3 Περιεκτικότητα Χρωμάτων Επιστρώσεως κατ' όγκο, PVC ( <i>Pigment Volume Concentration</i> ).....	10
2.2.2.4 Κρίσιμη Περιεκτικότητα Χρωμάτων Επιστρώσεως κατ' όγκο, CPVC ( <i>Critical Pigment Volume ration</i> ).....	10
2.2.2.5 Παράμετρος $Q = PVC \times 100 / CPVC$ .....	11
2.2.2.6 Λόγος Χρωμάτων Επιστρώσεως προς Συνδετικό Μέσο ( <i>Pigment / Binder Ratio</i> ).....	12
2.2.2.7 Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (ΠΟΕ), VOC ( <i>Volatile Organic Compounds</i> ).....	12

2.3	Συστατικά Επιχρισμάτων.....	12
2.3.1	Ρητίνες.....	12
2.3.2	Διαλύτες και Πλαστικοποιητές.....	13
2.3.2.1	Κατηγορίες Διαλυτών.....	14
2.3.2.2	Βασικές Παράμετροι Διαλυτών.....	14
2.3.2.3	Φυσικές Ιδιότητες Διαλυτών.....	14
2.3.2.4	Φυσιολογικές Ιδιότητες Διαλυτών.....	14
2.3.2.5	Επίδραση των Διαλυτών στα Επιχρίσματα.....	14
2.3.2.6	Πλαστικοποιητές.....	15
2.3.3	Χρώματα Επιστρώσεως ( <i>pigments</i> ) και Πληρωτικά.....	15
2.3.3.1	Κατηγορίες Χρωμάτων Επιστρώσεως.....	15
2.3.3.2	Επίδραση των Pigments και των Πληρωτικών στις Ιδιότητες των Επιχρισμάτων.....	17
2.3.4	Πρόσθετα.....	17
2.3.4.1	Στεγνωτικά.....	17
2.3.4.2	Διασπορείς και Διαβρέκτες.....	18
2.3.4.3	Ανασταλτικά Δημιουργίας Μεμβράνης.....	18
2.3.4.4	Αντιαφριστικά.....	18
2.3.4.5	Θαμβωτικά.....	19
2.3.4.6	Συντηρητικά.....	19
2.4	Παραγωγική Διαδικασία.....	20
2.4.1	Η Φάση της Λειοτρίβησης.....	20
2.4.2	Η Φάση της Προσθήκης των Υπολοίπων Πρώτων Υλών ( <i>let – down</i> ).....	21
2.5	Έλεγχος Ποιότητας και Δοκιμές Επιχρισμάτων.....	21
2.5.1	Μέτρηση Ιδιοτήτων του προς Εφαρμογή Επιχρίσματος.....	21
2.5.1.1	Μέτρηση Ιξώδους κατά Brookfield (ASTM D-2196).....	21
2.5.1.2	Μέτρηση Ιξώδους με Κύπελλο Ροής (ASTM D-1200).....	21
2.5.1.3	Μέτρηση Ιξώδους με Krebs - Stormer (ASTM D-562).....	22

2.5.1.4	Μέτρηση Βαθμού Λειοτριβήσης ( <i>τριψίματος</i> ) (ISO 1524).....	23
2.5.1.5	Μέτρηση Ειδικού Βάρους – Πυκνότητας του προς Εφαρμογή Επιχρίσματος.....	24
2.5.2	Μέτρηση του Υμενίου (film) του Επιχρίσματος μετά την Εφαρμογή.....	24
2.5.2.1	Αυτόματη Μέθοδος Μέτρησης Χρόνου Στεγνώματος ( <i>BK Drying Recorder</i> ).....	24
2.5.2.2	Μέτρηση Σκληρότητας του Υμενίου ( <i>film</i> ).....	25
2.5.2.3	Μέτρηση Ευκαμψίας με την Πτώση Βάρους ( <i>Reverse Impact</i> ).....	25
2.5.2.4	Αντοχή στις Καιρικές Συνθήκες ( <i>Weather Resistance</i> ).....	25
2.5.2.5	Αντοχή στη Διάβρωση ( <i>Salt Spray</i> ).....	26
2.5.2.6	Μέτρηση Στιλπνότητας ( <i>Gloss</i> ) (ISO 2813).....	26
2.5.2.7	Μέτρηση Καλυπτικής Ικανότητας ( <i>Hiding power</i> ).....	26
2.5.2.8	Μέτρηση Δεικτών Λευκότητας και Κιτρινίλας (ASTM E 313-05)...	26
2.5.2.9	Μέτρηση Απόχρωσης.....	27
2.5.2.10	Απώλειες Πυριατηρίου ( <i>Stoving Loss</i> ).....	27
2.6	Κατηγορίες Επιχρισμάτων.....	28
2.6.1	Οικοδομικά Χρώματα.....	28
2.6.2	Χρώματα Συντήρησης.....	28
2.6.3	Βιομηχανικά Χρώματα.....	29
2.6.4	Εξειδικευμένα Χρώματα.....	29
2.7	Προστασία του Περιβάλλοντος και Μέτρα Ασφαλείας κατά την Παραγωγή και Εφαρμογή Επιχρισμάτων.....	29
2.7.1	Έλεγχος της Μόλυνσης του Αέρα ( <i>Air Pollution Control</i> ).....	29
2.7.2	Έλεγχος της Μόλυνσης των Υδάτων ( <i>Water Pollution Control</i> ).....	30
2.7.3	Έλεγχος Αποβλήτων ( <i>Waste Management</i> ).....	30
2.7.4	Ασφαλής Διαχείριση Επιχρισμάτων.....	30
2.7.5	Σήμανση Επικινδυνότητας Ουσιών.....	31
2.7.6	Δελτία Δεδομένων Ασφαλείας, MSDS ( <i>Material Safety Data Sheets</i> ).....	32

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΑΠΟΧΡΩΣΕΩΝ.....</b>	<b>33</b>
3.1 Τα Χαρακτηριστικά των Αποχρώσεων.....	33
3.2 Χρωματικός Χώρος (κύκλος).....	35
3.2.1 Πρωτεύοντα Χρώματα.....	36
3.2.2 Δευτερεύοντα Χρώματα.....	36
3.2.3 Ενδιάμεσα Χρώματα.....	37
3.2.4 Ψυχρά Χρώματα.....	37
3.2.5 Θερμά Χρώματα.....	38
3.2.6 Ουδέτερα Χρώματα.....	38
3.2.7 Συμπληρωματικά Χρώματα.....	39
3.2.8 Αναλογικά Χρώματα.....	40
3.2.9 Προσθετικά Χρώματα ( <i>additive colors</i> ).....	41
3.2.10 Αφαιρετικά Χρώματα ( <i>subtractive colors</i> ).....	41
3.3 Χρωματικά Μοντέλα.....	42
3.3.1 RGB.....	42
3.3.2 CMYK.....	43
3.4 Χρωματικοί Συνδυασμοί.....	43
3.4.1 Μονοχρωματικό Σχήμα.....	44
3.4.2 Αναλογικό Σχήμα.....	44
3.4.3 Συμπληρωματικό Σχήμα.....	45
3.4.4 Αναλογικό & Συμπληρωματικό Χρωματικό Σχήμα.....	45
3.4.5 Τριαδικό Χρωματικό Σχήμα.....	46
3.4.6 Διαιρεμένα Δευτερεύοντα.....	46
3.4.7 Διπλό Συμπληρωματικό Σχήμα ( <i>Τετραδικό</i> ).....	47
3.4.8 Τετράγωνο.....	47
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</b>	<b>48</b>



## ΣΥΝΟΨΗ

Το χρώμα επηρεάζει τη ζωή μας, σπάει τη μονοτονία της καθημερινότητας και μεταβάλλει σε οπτικό παιχνίδι οτιδήποτε μας περιβάλλει.

Η ελληνική αγορά χρωμάτων, η οποία σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat υπολογίστηκε για το 2014 σε συνολικά 252 εκατομμύρια ευρώ, εκ των οποίων τη μερίδα του λέοντος κατείχαν τα οικοδομικά με 190 εκατομμύρια ευρώ, καταφέρνει όχι μόνο να στέκεται όρθια σε ένα ιδιαίτερα δύσκολο περιβάλλον αλλά και να αποτελεί μια κινητήρια δύναμη για την οικονομία της χώρας, με σημαντική συμβολή τόσο στην ενίσχυση του εμπορικού ισοζυγίου όσο και στη δημιουργία θέσεων εργασίας.

Υπό αυτό το πρίσμα, στην παρούσα μελέτη επιχειρείται μια εισαγωγή στις βασικές αρχές και την τεχνολογία των επιχρισμάτων. Παρουσιάζεται η βασική τους δομή, οι κυριότερες παράμετροι συνταγολόγησης αυτών, οι πρώτες ύλες που τα αποτελούν, οι σημαντικότερες μέθοδοι για τον έλεγχο της ποιότητάς τους, και συνοπτικά, η κατηγοριοποίηση και η παραγωγική τους διαδικασία.

Αντιλαμβανόμαστε τη δύναμη, την αίσθηση και τελικά το αποτέλεσμα που δημιουργεί ένα χρώμα, μόνο όταν αυτό συσχετίζεται με τα άλλα χρώματα ενός χώρου. Συνεπώς ο σωστός συνδυασμός των χρωμάτων, είναι πολύ σημαντικός και για το λόγο αυτό παρουσιάζονται επίσης βασικές αρχές του συνδυασμού αποχρώσεων.

## **SYNOPSIS**

Colour affects our lives, breaks the monotony of everyday life and transforms in visual game everything around us.

The Greek paint market, which according to Eurostat figures calculated for 2014 to a total of 252 million Euro, of which the biggest share occupied by decorative paints with 190 million Euro, manages not only to survive in a particularly difficult environment but constitutes a driving force for the country's economy, with significant contribution to the strengthening of the trade balance and job creation.

In this context, the present study attempts an introduction to the principles of coatings technology. Coatings' basic structure, the main parameters of their recipes, raw materials used and the most important quality control methods employed are presented. Coating categories and production processes are also briefly discussed.

We understand the power, feel and outcome that a colour creates only when it is associated with other neighbouring colours. Therefore, the right colour combinations are of foremost importance and their basic principles are also presented.

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<i><b>Εικόνα</b></i>	<i><b>Περιγραφή</b></i>	<i><b>Σελίδα</b></i>
1.1	Τοιχογραφία από αιγυπτιακή τελετή.....	1
1.2	Σκεύος με ζωγραφισμένη παράσταση με έντονο το κίτρινο και το μαύρο χρώμα.....	2
1.3	Τοιχογραφία που φέρει έντονα χαρακτηριστικά ερυθρού χρώματος.....	2
1.4	Τοιχογραφία με έντονο το κυανό και το ερυθρό χρώμα.....	3
1.5	Κυματική θεωρία του φωτός .....	5
1.6	Βεντάλια χρωματικών αποχρώσεων.....	6
2.1	Ασπρόμαυρη κάρτα που απεικονίζει τη διαβάθμιση του τιτανίου σε ένα προϊόν.....	16
2.2	Ιξωδόμετρο Brookfield.....	21
2.3	Ιξωδόμετρο με κύπελλο ροής.....	22
2.4	Ιξωδόμετρο με Krebs (KU).....	22
2.5	Όργανο μέτρησης του βαθμού λειοτρίβησης.....	23
2.6	Πυκνόμετρα.....	23
2.7	Όργανο μέτρησης του χρόνου στεγνώματος.....	24
2.8	Όργανο μέτρησης της σκληρότητας του υμενίου (film).....	25
2.9	Όργανο μέτρησης της στιλπνότητας του στεγνού film (στιλπνόμετρο).....	26
2.10	Φασματοφωτόμετρο ανακλάσεως.....	26
2.11	Φασματοφωτόμετρο ανακλάσεως .....	26
2.12	Πυριατήριο (Stoving Loss).....	27
2.13	Σήμανση επικινδυνότητας των ουσιών.....	31
3.1	Η απόχρωση.....	33

<b>3.2</b>	<i>Κορεσμός ή καθαρότητα.....</i>	34
<b>3.3</b>	<i>Φωτεινότητα.....</i>	34
<b>3.4</b>	<i>Χρωματικός κύκλος.....</i>	35
<b>3.5</b>	<i>Πρωτεύοντα χρώματα.....</i>	36
<b>3.6</b>	<i>Δευτερεύοντα χρώματα .....</i>	36
<b>3.7</b>	<i>Ενδιάμεσα χρώματα.....</i>	37
<b>3.8</b>	<i>Ψυχρά χρώματα.....</i>	37
<b>3.9</b>	<i>Θερμά χρώματα.....</i>	38
<b>3.10</b>	<i>Ουδέτερα χρώματα.....</i>	38
<b>3.11</b>	<i>Συμπληρωματικά χρώματα .....</i>	39
<b>3.12</b>	<i>Συνδυασμοί συμπληρωματικών χρωμάτων.....</i>	39
<b>3.13</b>	<i>Αναλογικά χρώματα.....</i>	40
<b>3.14</b>	<i>Προσθετικά χρώματα (additive colors).....</i>	41
<b>3.15</b>	<i>Αφαιρετικά χρώματα (subtractive colors).....</i>	42
<b>3.16</b>	<i>Χρωματικό μοντέλο (χρωματική παλέτα) RGB.....</i>	42
<b>3.17</b>	<i>Το μοντέλο χρωμάτων CMYK.....</i>	43
<b>3.18</b>	<i>Μονοχρωματικό σχήμα.....</i>	44
<b>3.19</b>	<i>Αναλογικό σχήμα.....</i>	45
<b>3.20</b>	<i>Συμπληρωματικό σχήμα.....</i>	45
<b>3.21</b>	<i>Τριαδικό χρωματικό σχήμα.....</i>	46
<b>3.22</b>	<i>Διαιρεμένα δευτερεύοντα.....</i>	46
<b>3.23</b>	<i>Διπλό συμπληρωματικό σχήμα.....</i>	47
<b>3.24</b>	<i>Τετράγωνο σχήμα.....</i>	47

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<i>Σχήμα</i>	<i>Περιγραφή</i>	<i>Σελίδα</i>
<b>2.1</b>	<i>Κύρια συστατικά ενός επιχρίσματος.....</i>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<i>Σχηματική παράσταση διαδοχικών φάσεων παραγωγής χρωμάτων με μηχανές λειοτρίβησης διαφόρων τύπων.....</i>	<b>20</b>

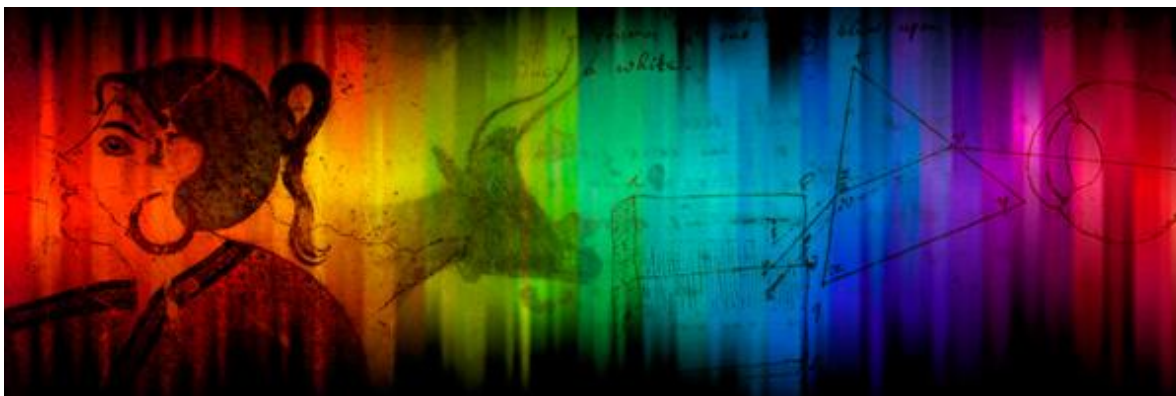
## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<i>Πίνακας</i>	<i>Περιγραφή</i>	<i>Σελίδα</i>
<b>2.1</b>	<i>Απλοποιημένη συνταγή για όλα τα είδη επιχρισμάτων.....</i>	<b>9</b>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΧΡΩΜΑ

### 1.1 Ιστορική Αναδρομή



Από τα πανάρχαια χρόνια ο άνθρωπος θέλησε να δώσει χρώμα στα καθημερινά του αντικείμενα και κυρίως στα ενδύματά του. Οι Κινέζοι, οι Ινδοί, οι Μάγια και οι Αιγύπτιοι ήταν οι κάτοχοι των μυστικών της βαφής για περισσότερο από τρεις χιλιετίες (Εικόνα 1.1). Ο τρόπος παρασκευής των βαφών ήταν μυστικό φυλαγμένο με την ποινή του θανάτου και μεταδιδόταν με ειδική τελετή μύησης. Οι χρωστικές παρασκευάζονταν από φυσικά μέσα, οργανικά και ανόργανα, και η παρασκευή τους έπαιρνε τη μορφή ιεροτελεστίας [1-3].



**Εικόνα 1.1** Τοιχογραφία από αιγυπτιακή τελετή

Τα χρώματα παράγονταν σε μικρή ποσότητα και η απόκτησή τους αποτελούσε προνόμιο των βασιλιάδων και των πλουσίων ηγεμόνων [4, 5]. Στην Ελλάδα η βαφή μεταδόθηκε σε ευρύτερη κλίμακα μετά την εκστρατεία του Μεγάλου Αλεξάνδρου που μετέφερε πολλά από τα μυστικά των λαών που κατάκτησε.



**Εικόνα 1.2** Σκεύος με ζωγραφισμένη παράσταση με έντονο το κίτρινο και το μαύρο χρώμα

Το κυανό, το μαύρο και το κίτρινο ήταν τα χρώματα που χρησιμοποιήθηκαν αρχικά σε ευρεία κλίμακα (Εικόνα 1.2). Η παλαιοντολογία μας δίνει πληροφορίες για τη βαφή των ζωγραφικών παραστάσεων που αρχικά ήταν σχεδιασμένες μόνο με μαύρο χρώμα ενώ αργότερα προστέθηκε το καστανό [6]. Η τέχνη της πορφύρας, δηλαδή η παραγωγή πορφυρέρυθρου χρώματος (*purple-red, magenta*) από κάποιο είδος κοχυλιών, άκμασε από πολύ παλιά (Εικόνες 1.3 και 1.4).



**Εικόνα 1.3** Τοιχογραφία που φέρει έντονα χαρακτηριστικά ερυθρού χρώματος

Τον 4<sup>ο</sup> μ.Χ. αιώνα η Βυζαντινή Αυτοκρατορία διέθετε ειδικό εργαστήριο πορφυρής βαφής, με Φοίνικες τεχνίτες, αποκλειστικά για τη βαφή των βασιλικών ενδυμάτων και χρήση αυτών από τους “πορφυρογέννητους” γόνους τους [4]. Αργότερα, η επεξεργασία πολύ περισσότερων πρώτων υλών από το φυσικό εργαστήριο έδωσε νέες χρωστικές που διαδόθηκαν γρήγορα σε ευρύτερο κοινό [4].



**Εικόνα 1.4** Τοιχογραφία με έντονο το κυανό και το ερυθρό χρώμα

Στους αρχαίους χρόνους, φιλόσοφοι όπως ο Πυθαγόρας, ο Πλάτωνας, ο Αριστοτέλης και ο Πλίνιος μίλησαν για τη φύση των χρωμάτων. Ο Αριστοτέλης για παράδειγμα έγραψε: “τα απλά χρώματα είναι τα χαρακτηριστικά χρώματα των στοιχείων, δηλαδή της φωτιάς, του αέρα, του νερού και της γης” [7, 8]. Αρκετούς αιώνες αργότερα, ο Leonardo da Vinci υποστήριξε κάποια αντίστοιχη θεωρία στη “Διατριβή πάνω στη Ζωγραφική” [9].

## 1.2 Θεωρίες για το Χρώμα

Η πρώτη θεωρία με σοβαρές επιστημονικές βάσεις, προτάθηκε από τον Ισαάκ Νιούτον (*Isaac Newton*), γνωστότερο στους Έλληνες ως Νεύτωνα, το 1708. Ο Νιούτον είχε υποψιαστεί ότι το φως έχει κυματική φύση (είναι δηλαδή ένα κύμα, μια διάδοση στο χώρο κάποιας ταλάντωσης) αλλά τα στοιχεία της εποχής του δεν του επέτρεπαν να αποδείξει κάτι τέτοιο. Πραγματοποιώντας πειράματα που σχετίζονται με την Οπτική απέδειξε ότι το λευκό ηλιακό φως δεν είναι βασικό χρώμα αλλά αποτελεί μείγμα των επτά χρωμάτων της ίριδας, καταρρίπτοντας έτσι τη σχετική θεωρία του Αριστοτέλη. Ήταν ο πρώτος που τοποθέτησε τα χρώματα αυτά στο χρωματικό κύκλο [10-14].



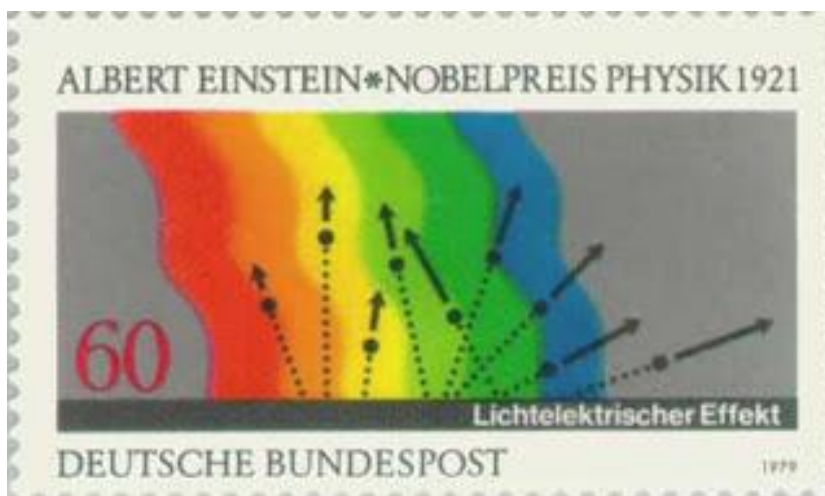
Αρκετά χρόνια αργότερα, ο φυσικός Τόμας Γιάνγκ (*Thomas Young*) πραγματοποίησε ένα πείραμα αντίθετο από αυτό του Νιούτον. Ενώ ο Νιούτον διάθλασε το φως στα έξι χρώματα του φάσματος, ο Γιάνγκ ανάπλασε το φως. Πρόβαλε έξι χρωματιστές ακτίνες φωτός - τα έξι χρώματα του φάσματος - τη μία επάνω στην άλλη και πέτυχε τη δημιουργία λευκού φωτός. Έτσι, όταν προσθέτουμε ένα χρώμα φωτός σε ένα άλλο, η μίξη θα μας δώσει ένα πιο λαμπερό, φωτεινό, απαλό χρώμα. Για παράδειγμα, όταν αναμειγνύουμε το φωτεινό χρώμα πράσινο με το φωτεινό χρώμα ερυθρό επιτυγχάνουμε ένα πιο ανοικτό φωτεινό χρώμα, το κίτρινο. Ο Γιάνγκ απέδειξε έναν εξίσου σημαντικό παράγοντα για το χρώμα. Με πειράματα που έκανε με έγχρωμες λάμπες, έδειξε τη διαδικασία της εξάλειψης, δηλαδή, ότι τα έξι χρώματα του φάσματος μπορούν να μειωθούν σε τρία βασικά χρώματα του ίδιου φάσματος. Ανακάλυψε δηλαδή ότι με τρία μόνο χρώματα, το ερυθρό, το πράσινο και το βαθύ κυανό μπορούσε να αναπαράγει το λευκό χρώμα. Ακόμα, διαπίστωσε πως αναμειγνύοντας αυτά τα τρία χρώματα μεταξύ τους, ανά δύο, μπορούσε να επιτύχει τρία άλλα χρώματα: το κυανό, το πορφυρέυθρο και το κίτρινο. Το αποτέλεσμα αυτού του πειράματος ήταν ο προσδιορισμός των πρωτογενών και των δευτερογενών χρωμάτων του φάσματος [15].

### 1.3 Η Κυματική Θεωρία του Φωτός

Το 1690 ο Huygens είχε δημοσιεύσει μερικά πειραματικά δεδομένα που υποστήριζαν την κυματική φύση του φωτός. Τα δεδομένα αυτά μελέτησε ο Γιάνγκ, για να δημοσιεύσει το 1803 τη σωστότερη μέχρι τότε, κυματική θεωρία για το φως. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, το φως είναι κύμα, όπως ακριβώς και ο ήχος. Για να διαδοθεί δηλαδή χρειάζεται κάποιο μέσο (ο ήχος διαδίδεται στα στερεά, στα υγρά και στον αέρα, αλλά δε διαδίδεται στο κενό). Επειδή όμως το φως διαδίδεται και σε κενό αέρος, υπέθεσε ότι υπήρχε ένα ελαστικό μέσο διαδόσεως, ο “αιθέρας”. Αυτός, θα έπρεπε να υπάρχει παντού, να είναι τρομερά αραιός και χωρίς βάρος (μια και δεν εμπίπτει στην αντίληψή μας), ταυτόχρονα όμως να έχει την ελαστικότητα του χάλυβα και να μην αλλοιώνεται. Τέτοιο μέσο φυσικά, δεν έχει ανακαλυφθεί ακόμα [16].

Το 1865, ο Maxwell έφερε την επανάσταση στη φυσική, με τη θεωρία του ότι το φως είναι ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Ήταν μια επαναστατική θεωρία, γιατί εξηγούσε σχεδόν όλες τις ιδιότητες του φωτός που είχαν μελετηθεί έως τότε. Το κυριότερο ήταν ότι δεν απαιτούνταν η ύπαρξη του “αιθέρα”, αφού τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται και στο κενό. Υπήρχαν όμως ακόμη φαινόμενα, όπως το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και το φαινόμενο Compton, που η θεωρία του Maxwell δεν μπορούσε να εξηγήσει. Χρειάστηκε να περάσει πολύς καιρός, μέχρι τις αρχές του προηγούμενου αιώνα, για να δοθεί η απάντηση στο βασανιστικό αυτό ερώτημα, το 1901, μέσω της κβαντικής θεωρίας του Planck, την οποία συμπλήρωσε ο Einstein το 1905 (Εικόνα 1.5). Η βελτιωμένη κβαντική θεωρία, θεωρούσε ότι το φως διαδίδεται σε “πακέτα ενέργειας” και όχι σε συνεχή κυματική μορφή έχει δηλαδή “σωματιδιακή” υφή. Τα “πακέτα ενέργειας”, ονομάζονται φωτόνια ή κβάντα φωτός [17].

Ο De Broglie, εκμεταλλευόμενος τη θεωρία της σχετικότητας του Einstein, απέδειξε ότι στην πραγματικότητα το φως έχει διπλή φύση, κυματική και σωματιδιακή. Στα μικρά μήκη κύματος εκδηλώνεται η σωματιδιακή (κβαντική) του φύση, ενώ στα μεγάλα μήκη κύματος, εκδηλώνεται η κυματική φύση του.



**Εικόνα 1.5** Κυματική θεωρία του φωτός (φωτοηλεκτρικό φαινόμενο)

#### 1.4 Το Χρώμα και η Ψυχολογία

Εκτός από τη μαθηματική και φυσική προσέγγιση του φαινομένου, ο Γιόχαν Βόλφγκανγκ Γκαίτε (*Johann Wolfgang Goethe*) άρχισε να μελετάει την ψυχολογία των χρωμάτων. Αυτός δημιούργησε ένα δεύτερο χρωματικό κύκλο δείχνοντας την ψυχολογική επίδραση των χρωμάτων. Χώρισε τα χρώματα σε δύο ομάδες, τη θετική (που περιλάμβανε τα χρώματα από το ερυθρό ως το κίτρινο) και την αρνητική (που περιλάμβανε τα χρώματα από το ιώδες ως το κυανό). Τα χρώματα της θετικής ομάδας ενισχύουν την ψυχολογική διέγερση και την εύθυμη διάθεση. Αντίθετα, τα χρώματα που ανήκουν στην αρνητική ομάδα σχετίζονται με την αίσθηση της αδυναμίας και τις άστατες συναισθηματικές καταστάσεις [18, 19].

#### 1.5 Η Μελέτη του Χρωματικού Κύκλου

Υπήρξαν και πολλοί άλλοι όπως ήταν οι J. C. LeBlon (1731), Morris Harris (1766), ο Michel Jacobs το 1923 με το βιβλίο του “*Η Τέχνη του Χρώματος*” και ο M. E. Chevreul το 1861 με το βιβλίο “*The Laws of Contrast of Colour*” οι οποίοι ανέπτυξαν τη μελέτη των χρωμάτων, την εξέλιξαν και έθεσαν τις βάσεις της χρωματικής θεωρίας. Με βάση τις θεωρίες αυτές και ιδιαίτερα αυτή του M. E. Chevreul ο χρωματικός κύκλος, εκτός από την ανάλυση των χρωμάτων, απεικονίζει και τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ τους. Με τον τρόπο αυτό υποδεικνύεται η σωστή χρήση και μίξη καθώς και ο αρμονικός συνδυασμός τους που θα συζητηθεί αναλυτικότερα στο τρίτο κεφάλαιο της παρούσας μελέτης.

Η χρωματική θεωρία ολοκληρώθηκε από τον Γιόχανες Ίττεν (*Johannes Itten*) έναν Ελβετό θεωρητικό τέχνης που δίδασκε στη Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών της Βαϊμάρης, αυτήν που

στη συνέχεια έγινε γνωστή ως *Bauhaus*. Ο Ίττεν ανέπτυξε τις “χρωματικές συγχορδίες” και τροποποίησε το χρωματικό κύκλο. Σύμφωνα με αυτόν, ο χρωματικός κύκλος βασίζονταν σε τρία βασικά χρώματα το ερυθρό, το κίτρινο και το κυανό και περιλάμβανε δώδεκα αποχρώσεις [20].

## 1.6 Το Χρώμα Σήμερα

Σήμερα η χημεία των χρωμάτων με την τρομερή της ανάπτυξη προσφέρει μια τεράστια ποικιλία χρωστικών υλών (χρωμάτων) και αποχρώσεων για κάθε χρήση. Χρώματα γενικής χρήσης φυσικά, συνθετικά, ημισυνθετικά, οργανικά και ανόργανα είναι στη διάθεση καθενός. Ακόμη, χρώματα για ειδικές χρήσεις όπως η ιατρική χρωματογραφία και οι βαφές laser για ειδική επιστημονική χρήση, είναι στη διάθεση των ερευνητών.



**Εικόνα 1.6** Βεντάλια χρωματικών αποχρώσεων

Τεχνητές χρωστικές ύλες κατακλύζουν επίσης τα διάφορα τρόφιμα και παρέχουν τις έντονες ερυθρές, πράσινες, κίτρινες, κ.λπ. αποχρώσεις στα παγωτά, τα γλυκά, τις τούρτες, τις καραμέλες και διάφορα άλλα τρόφιμα. Τα έγχρωμα φωτογραφικά film με την τεράστια διάδοσή τους έδιναν τη δυνατότητα στον καθένα να απολαμβάνει χρωματικές ποιότητες μεγάλης τελειότητας πολύ πριν την εξέλιξη της ψηφιακής τεχνολογίας.

Στην παρούσα μελέτη θα συζητηθούν τα βασικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα επιχρισμάτων (χρωμάτων) τα οποία χρησιμοποιούνται για την επίχρωση δομικών και μεταλλικών στοιχείων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ

#### 2.1 Βασικοί Ορισμοί

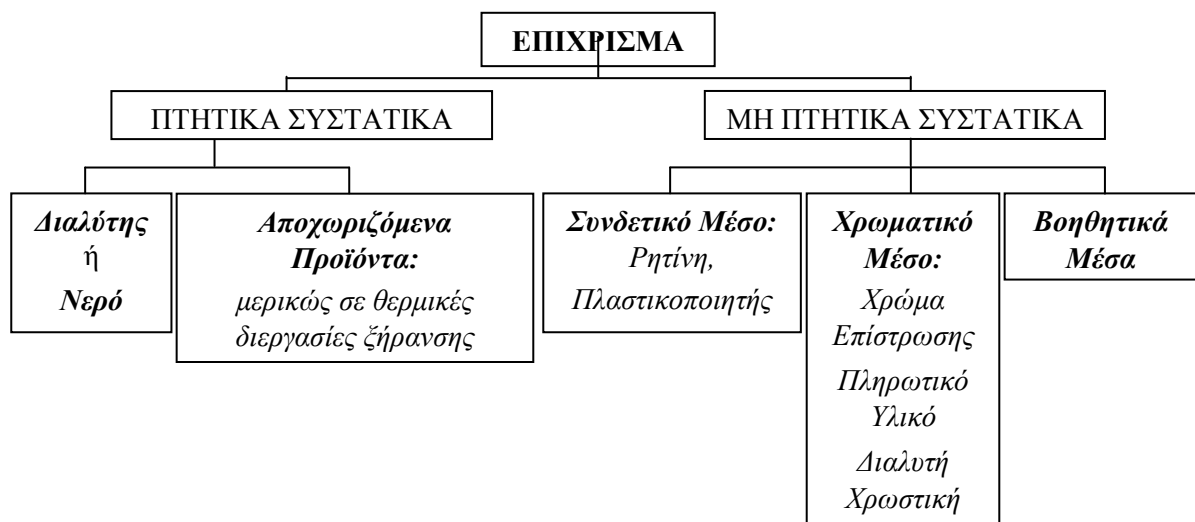
Με τον όρο “**χρώματα**” ορίζονται τα υλικά ή μείγματα υλικών που βρίσκονται σε υγρή έως και πολύ παχύρρευστη μορφή (με ρευστότητα πάστας) και εφαρμόζονται σε μια επιφάνεια με πινέλο, ρολό ή με τη μέθοδο του ψεκασμού. Μετά την εφαρμογή τους στην προς βαφή επιφάνεια στεγνώνουν και σκληραίνουν με την επίδραση φυσικών, χημικών ή φυσικοχημικών παραγόντων παρέχοντας ένα συνεκτικό έγχρωμο ή όχι και καλά προσφυμένο στην επιφάνεια αδιαφανές υμένιο (film), το οποίο προσδίδει διακοσμητικές, προστατευτικές ή/και ειδικές τεχνικές ιδιότητες [21].

Με τον όρο “**επίχρισμα**” καλείται το προϊόν εκείνο που βασίζεται σε οργανικές, συνθετικές ύλες, και μπορεί να περιέχει χρώματα επιστρώσεως (pigments), πρόσθετα, πληρωτικά και οργανικούς διαλύτες. Μετά την εναπόθεσή του σχηματίζει ένα υμένιο (film), που είναι ικανό να προστατεύει και να διακοσμεί την επιφάνεια πάνω στην οποία βρίσκεται. Ουσιαστικά το επίχρισμα είναι η ευρύτερη έννοια του χρώματος και αφορά κάθε προϊόν το οποίο προορίζεται για την προστασία και τη διακόσμηση επιφανειών [21].

Ως “**βερνίκι**” θεωρείται το επίχρισμα εκείνο το οποίο δεν περιλαμβάνει χρώματα επιστρώσεως (pigments) και πληρωτικά. Θα μπορούσε να θεωρηθεί ως “διαυγές χρώμα” (*Clear Paint*) και να συμπεριληφθεί στα χρώματα μέσα στη γενικότερη έννοια των επιχρισμάτων [21].

#### 2.2 Σύνθεση Επιχρισμάτων

Τα κύρια συστατικά οποιουδήποτε συστήματος επιχρίσματος (*Coating System*) (Σχήμα 2.1) είναι τα χρώματα επιστρώσεως (*pigments*), τα πληρωτικά (*fillers*), οι διαλύτες (*solvents*) και τα πρόσθετα (*additives*) [22].



Σχήμα 2.1 Κύρια συστατικά ενός επιχρίσματος

Η υμενιογόνος ουσία είναι το μέρος του συνδετικού μέσου που σχηματίζει το υμένιο. Το συνδετικό μέσο (*binder*) είναι το μη πτητικό οργανικό μέρος του επιχρίσματος (δεν περιέχει χρώματα επιστρώσεως και πληρωτικά) αλλά μπορεί να περιέχει πλαστικοποιητές, στεγνωτικά και άλλα μη πτητικά οργανικά ή οργανομεταλλικά πρόσθετα.

Οι περισσότερες χημικές και φυσικές ιδιότητες του επιχρίσματος καθορίζονται αποφασιστικά από την υμενιογόνο ουσία. Προσφέρει συνοχή στο επίχρισμα και πρόσφυση στο υπόστρωμα. Τα πρόσθετα που προστίθενται σε ποσότητες μικρότερες του 5% μπορεί να είναι καταλύτες πολυμερισμού και διασκλήρυνσης (*curing*), να σταθεροποιούν το ετερογενές επίχρισμα ή να το τροποποιούν μέσα στη συσκευασία ή στο τελικό του υμένιο. Οι διαλύτες αποτελούν τη συνεχή φάση του ετερογενούς συστήματος που είναι το επίχρισμα και ταυτόχρονα το φορέα που επιτρέπει την εφαρμογή του. Μετά την εφαρμογή και κατά το σχηματισμό του υμένα οι διαλύτες διαχέονται στο περιβάλλον ως ρύποι. Τα τελευταία χρόνια καταβάλλονται συστηματικά προσπάθειες μείωσης αυτών [23-26].

Τα χρώματα επιστρώσεως (*pigments*) προσφέρουν αδιαφανή κάλυψη του υποστρώματος και την επιθυμητή χροιά, δηλαδή καλυπτικότητα (*hiding power*) και διακοσμητική όψη χρώματος – απόχρωση (*hue*) [22, 27].

Τα πληρωτικά (γεμιστικά) εκτός από τη μείωση του κόστους μπορεί να βελτιώσουν και κάποιες ιδιότητες, όπως τις αντιδιαβρωτικές, την πρόσφυση και τις αντοχές του υμενίου (*film*) [22, 27].

### 2.2.1 Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Σύνθεση ενός Επιχρίσματος

Η σύνθεση ενός επιχρίσματος εξαρτάται από τους εξής παράγοντες [22, 28]:

- i. Την επιθυμητή φύση και λειτουργία του προϊόντος, όπως για παράδειγμα τα διάφορα αστάρια (*stoppers, primers*), τα χρώματα τελειώματος (*top coats*),
- ii. Το είδος της εφαρμογής (*πινέλο, ρολό, ψεκασμός, ηλεκτρο-εναπόθεση, κ.λπ.*),
- iii. Το είδος του υποστρώματος (*ξύλο, μέταλλο, ορυκτό, λεία ή ανώμαλη επιφάνεια, κ.λπ.*),
- iv. Τις επιθυμητές χημικές και φυσικές ιδιότητες. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν:
  - Αντοχή στις καιρικές συνθήκες (*weather resistance*),
  - Αντοχή στα οξέα (*acids*), στα αλκάλια (*alkalis*) και γενικώς στις χημικές ουσίες (*chemical resistance*),
  - Αντοχή στη χάραξη (*scratch resistance*),
  - Αντοχή στην αναγραφή συνθημάτων (*anti-graffiti*),
- v. Τις οπτικές ιδιότητες, όπως είναι η απόχρωση (*hue*), η στιλπνότητα (*gloss*), η υφή (*texture*), κ.λπ.,
- vi. Τους κανονισμούς ασφαλείας και αντιρύπανσης του περιβάλλοντος,

- vii. Τη δυνατότητα χρησιμοποίησης του υπάρχοντος εξοπλισμού από το εργοστάσιο χρωμάτων ή αν θα χρειαστεί κάποια νέα επένδυση,
- viii. Το κόστος ή κάποια ρεαλιστική τιμή πώλησης.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι ανάλογα με το επίχρισμα που πρόκειται να παραχθεί υπάρχουν διαφορετικές συνταγές από τις οποίες μπορεί να υπολογιστεί μια σειρά παραμέτρων και με αυτόν τον τρόπο προσδιορίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των επιχρισμάτων.

### 2.2.2 Υπολογιζόμενες Παράμετροι για Κάθε Συνταγή Επιχρίσματος

Μία απλοποιημένη συνταγή για όλα τα είδη επιχρισμάτων παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1:

**Πίνακας 2.1** Απλοποιημένη συνταγή για όλα τα είδη επιχρισμάτων [22, 29]

Συστατικά	Βάρος	Όγκος
<i>RS</i> Διάλυμα Ρητίνης	WRS	VRS
<i>R</i> Ρητίνη	WR	VR
<i>S1</i> Διαλύτης Ρητίνης	WS1	VS1
<i>AS</i> Πρόσθετα Διαλύματος	WAS	VAS
<i>A</i> Πρόσθετα	WA	VA
<i>S2</i> Διαλύτης Προσθέτων	WS2	VS2
<i>P</i> Χρώματα επιστρώσεως	WP	VP
<i>F</i> Πληρωτικά	WF	VF
<i>S</i> Διαλύτης	WS	VS
<b>T</b> Σύνολο	<b>WT</b>	<b>VT</b>

όπου:  $WT = WRS + WAS + WP + WF + WS$

$VT = VRS + VAS + VP + VF + VS$

(πυκνότητα - ειδικό βάρος του χρώματος)  $\rho = WT / VT$

Από τα παραπάνω μπορούν να υπολογισθούν οι ακόλουθες παράμετροι:

#### 2.2.2.1 Μη πτητική ουσία, NVM (*Non Volatile Matter*)

Σύμφωνα με το ISO 4618 [30] είναι το υπόλειμμα βάρους μετά την εξάτμιση των διαλυτών κάτω από καθορισμένες συνθήκες. Η ποσότητα της μη πτητικής ουσίας υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$NVM = (WR + WA + WP + WF \times 100) / WT$$

### 2.2.2.2 Απόδοση, Y (Yield)

Ως απόδοση ορίζεται η επιφάνεια που μπορεί να καλύψει ένα δεδομένο βάρος ή όγκος επιχρίσματος με ένα ελάχιστο πάχος film  $d_{\min}$  και υπολογίζεται όπως φαίνεται παρακάτω:

$$\text{κατά βάρος, } Y_W = NVM / \rho_f \times d_{\min} \times 100, (m^2/kg)$$

$$\text{κατ' όγκο, } Y_V = 1 / d_{\min}, (m^2/L)$$

όπου:  $\rho_f$ : είναι η πυκνότητα του στεγνού film και υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\rho_f = (WR + WA + WP + WF) / (VR + VA + VP + VF)$$

Η παράμετρος σχετίζεται ιδιαίτερα με το πόσο οικονομικό είναι το επίχρισμα για το χρήστη [31, 32].

### 2.2.2.3 Περιεκτικότητα Pigments κατ' όγκο, PVC (Pigment Volume Concentration)

Περιεκτικότητα pigments κατ' όγκο, είναι ο λόγος των όγκων των χρωμάτων επιστρώσεως και των πληρωτικών προς τον όγκο του μη πτητικού μέρους του επιχρίσματος:

$$PVC = (VP + VF) \times 100 / (VR + VP + VF + VA) = VP \times 100 / (VB + VP)$$

Το PVC επηρεάζει καθοριστικά τις ιδιότητες του επιχρίσματος. Για παράδειγμα όσο αυξάνεται το PVC τόσο μειώνεται η στιλπνότητά του. Επίσης, για κάθε σύσταση επιχρίσματος το PVC μπορεί να αυξηθεί μέχρι μία κρίσιμη τιμή, το CPVC (*κρίσιμη περιεκτικότητα pigments κατ' όγκο*), πάνω από την οποία παρατηρείται δραστική αλλαγή σε όλες τις ιδιότητες του επιχρίσματος [22, 33].

### 2.2.2.4 Κρίσιμη Περιεκτικότητα Pigments, CPVC (Critical Pigment Volume Concentration)

Όταν το PVC φτάσει στην τιμή CPVC τότε οι ενδιάμεσοι χώροι μεταξύ των εφαπτόμενων σωματιδίων των Χρωμάτων επιστρώσεως και των πληρωτικών, έχουν μειωθεί στο ελάχιστο δυνατό και είναι γεμάτοι από συνδετικό μέσο (*binder*). Το υπόλοιπο μέρος του συνδετικού μέσου έχει προσροφηθεί στην επιφάνεια των σωματιδίων, των πληρωτικών και των χρωμάτων επιστρώσεως [33].

Ανάλογα με την κατανομή μεγεθών των σωματιδίων (*particle size distribution*), ο ενδιάμεσος χώρος (*spacer*) μεταξύ των εφαπτόμενων σωματιδίων θα μεταβάλλεται. Είναι προφανές ότι αν τα σωματίδια είναι μόνο ενός μεγέθους, ο ενδιάμεσος χώρος τους θα είναι μεγαλύτερος από το αν τα σωματίδια είχαν διάφορα μεγέθη, όπου τα μικρά σωματίδια θα εισχωρούσαν μεταξύ των μεγάλων και έτσι θα μείωναν τον ενδιάμεσο ελεύθερο χώρο, (*free space*) VS [33].

Επομένως το CPVC επηρεάζεται από την κατανομή μεγεθών των χρωμάτων επιστρώσεως (pigments) και των πληρωτικών.

Παρατηρείται ότι ανάλογα με την προσροφητικότητα των χρωμάτων επιστρώσεως και των πληρωτικών για το συνδετικό μέσο, θα υπάρχει μεγαλύτερος ή μικρότερος διαθέσιμος όγκος συνδετικού μέσου για να πληρωθεί ο διαθέσιμος ελεύθερος όγκος μεταξύ εφαιπόμενων στερεών σωματιδίων και από την προσροφητική ικανότητα των χρωμάτων επιστρώσεως (*pigments*) και των πληρωτικών (*adsorbancy*) [33].

Το CPVC μπορεί να εκφραστεί από την παρακάτω σχέση:

$$\text{CPVC} = (\text{VP} + \text{VF}) \times 100 / (\text{VP} + \text{VF} + \text{VB}_a + \text{VB}_s)$$

όπου:  $\text{VB}_a$ : είναι ο όγκος του προσροφηθέντος συνδετικού μέσου,

$\text{VB}_s$ : είναι ο ελάχιστος ενδιάμεσος χώρος γεμάτος με συνδετικό μέσο,

$$\text{VB}_a + \text{VB}_s = \text{V}_R + \text{B}_A = \text{Ολικός όγκος συνδετικού μέσου}$$

Οι παραπάνω σχέσεις δείχνουν ότι το CPVC εκφράζει μία οριακή κατάσταση στη σύνθεση ενός επιχρίσματος κατά την οποία ο όγκος των στερεών χρωμάτων επιστρώσεως (*pigments*) είναι τέτοιος ώστε το συνδετικό μέσο μόλις να καταφέρνει να περιβρέχει τα στερεά σωματίδια και να γεμίζει τον ελάχιστο ελεύθερο χώρο,  $\text{V}_s$ , που έχει απομείνει.

Αν το PVC ξεπεράσει το CPVC, τότε το  $\text{V}_s$  δεν μπορεί να πληρωθεί με συνδετικό μέσο και η διαφορά  $\text{V}_s - \text{VB}_s$  είναι κενός χώρος, με συνέπεια τη δραματική χειροτέρευση των ιδιοτήτων του επιχρίσματος. Έτσι, φτάνοντας στο CPVC η στιλπνότητα μειώνεται, η διαβρωτικότητα αυξάνεται, το πορώδες αυξάνεται και οι αντοχές μειώνονται απότομα. Επομένως, ένας τρόπος προσδιορισμού του CPVC είναι η μέτρηση κάποιας ιδιότητας ενώ αυξάνεται το PVC. Στο PVC που αυτή η ιδιότητα αλλάζει απότομα, είναι το CPVC. Ένας ακόμα τρόπος προσδιορισμού του CPVC χρησιμοποιεί τις πυκνότητες των χρωμάτων επιστρώσεως (*pigments*)  $\rho_p$ , του συνδετικού μέσου  $\rho_B$  και το δείκτη απορρόφησης λινελαίου, **OAV** (*Oil Absorption Value*) [33].

$$\text{CPVC} = 100 / 1 + (\rho_p / \rho_B) \times (\text{OAV} / 100)$$

όπου: OAV είναι η απορροφηθείσα ποσότητα λινελαίου / ποσότητα *pigments* και πληρωτικών (g/100 g).

Παρατηρώντας τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει ότι όσο αυξάνεται το OAV τόσο μειώνεται το CPVC.

#### 2.2.2.5 Παράμετρος $Q = \text{PVC} \times 100 / \text{CPVC}$

Ανάλογα με τον προορισμό του κάθε χρώματος θα πρέπει να ρυθμίζεται και το Q. Τα πολύ στιλπνά χρώματα καθώς και τα πλαστικά χρώματα οφείλουν να έχουν  $Q < 50\%$ . Τα χρώματα έχουν Q μεταξύ 50 και 80%. Τα αστάρια κυμαίνονται μεταξύ 40 και 80%. Αντιδιαβρωτικά χρώματα χρειάζονται Q μεταξύ 70 και 90% για να έχουν πυκνή στοίβαξη (*packing*) χρωμάτων επιστρώσεως (*pigments*) και πληρωτικών. Πλαστικά χρώματα εξωτερικής χρήσης έχουν Q μεταξύ 70 και 90%. Αναχαιτιστικά (*stoppers*) και σφραγιστικά (*sealers*) μπορεί να έχουν Q 100% και άνω [21].



### 2.2.2.6 Λόγος Χρωμάτων Επιστρώσεως προς Συνδετικό Μέσο (*Pigment / Binder Ratio*)

Αυτή η παράμετρος εκφράζεται:

$$\text{κατά βάρος: } (\mathbf{P-b})\mathbf{W} = (\mathbf{WP} + \mathbf{WF}) / (\mathbf{WR} + \mathbf{WA}),$$

$$\text{ή κατ' όγκο: } (\mathbf{P-b})\mathbf{V} = (\mathbf{VP} + \mathbf{VF}) / \mathbf{VP} = \mathbf{VP} / \mathbf{VB},$$

το οποίο μπορεί να εκφραστεί και σε συνάρτηση με το  $(\mathbf{P-b})\mathbf{V} = 1 / (100/\mathbf{PVC}) - 1$

όπου: το  $\mathbf{VR}+\mathbf{VF}$  απλοποιείται σε  $\mathbf{VP}$ , *Όγκος Χρωμάτων Επιστρώσεως (pigments)*, και

το  $\mathbf{VR}+\mathbf{VA}$  απλοποιείται σε  $\mathbf{VB}$ , *Όγκος Συνδετικού Μέσου (binder)*.

### 2.2.2.7 Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (ΠΟΕ), VOC (*Volatile Organic Compounds*)

Η παράμετρος αυτή έχει θεσπιστεί ως γνώμονας ρύπανσης του περιβάλλοντος χώρου από οργανικούς διαλύτες που εκπέμπονται από τα διάφορα συστήματα επιχρισμάτων. Μόνο οι οργανικοί διαλύτες με σημείο ζέσεως χαμηλότερο των 250°C θεωρούνται ρυπογόνοι σύμφωνα με την ισχύουσα Ευρωπαϊκή Κοινοτική Οδηγία [22, 23].

Τα VOC ορίζονται ως εξής:

$$\mathbf{VOC} = (\mathbf{WS1} + \mathbf{WS2} + \mathbf{WS}) \times 100 / \mathbf{VT} \quad (\mathbf{g/L})$$

σύμφωνα με την Οδηγία 2004/42/EK [23].

Τα VOC των διαφόρων επιχρισμάτων περιορίζονται σταδιακά κάτω από ορισμένες μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές. Η σταδιακή αυτή μείωση ξεκίνησε το 2007 και έγινε ακόμα αυστηρότερη το 2010. Στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως [24], έχουν δημοσιευθεί οι οριακές τιμές μέγιστης περιεκτικότητας VOC για τα έτη 2007 και 2010 αντίστοιχα.

## 2.3 Συστατικά Επιχρισμάτων

### 2.3.1 Ρητίνες

“Υμενιογόνες ουσίες” (*film formers*), χαρακτηρίζονται εκείνες οι ουσίες που είναι πολυμερείς ή ολιγομερείς και έχουν τη δυνατότητα να σχηματίζουν μακρομοριακούς υμένες που έχουν σκληρυνθεί με σταυροδεσμούς (*cross linking*) με συνέπεια τη συγκρότηση του συνδετικού μέσου (*binder*) και της υμενιογόνου σύνθεσης (*film forming composition*). Αυτές αποκαλούνται και “συνδετικά μέσα” ή “ρητίνες” [22, 27].

Ανάλογα με την προέλευσή τους οι ρητίνες ανήκουν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Φυσικές ουσίες (κολοφώνιο, *Shellac*, κ.λπ.). Αυτές δε χρησιμοποιούνται πολύ συχνά,
- Τροποποιημένες φυσικές ουσίες (κολοφωνιακές ρητίνες, έλαια),

- Συνθετικές Ρητίνες (αλκυδικές, πολυουρεθανικές, εποξειδικές, κ.λπ.).

Οι τροποποιητικές φυσικές ουσίες χρησιμοποιούνται μαζί με τις συνθετικές ρητίνες που αποτελούν το κύριο μέρος των υμενιογόνων ουσιών.

Μερικά παραδείγματα τέτοιων ρητινών είναι οι αλκυδικές, οι ακρυλικές, οι πολυουρεθανικές, οι εποξειδικές, τα πολυμερή γαλακτώματα, οι κολοφονιακές, οι σιλικονούχες, οι βινυλικές, οι ρητίνες υδρογονανθράκων, οι ρητίνες κυτταρίνης και οι πολυσακχαρίτες, οι ρητίνες χλωριωμένου ελαστικού, οι γαλακτωματοποιημένες ρητίνες, οι ρητίνες μετατροπής καθώς επίσης και οι φαινολικές ρητίνες [22, 27].

### 2.3.2 Διαλύτες και Πλαστικοποιητές

“Διαλύτης” είναι ένα υγρό που αποτελείται από ένα ή περισσότερα συστατικά, είναι πτητική ουσία και είναι ικανό να διαλύσει τα συνδεδεμένα μέσα χωρίς να χρειαστεί κάποια χημική αντίδραση. Διάλυση μπορεί να θεωρηθεί η μοριακή διασπορά μιας ουσίας στο διαλύτη [30].

Ως διαλύτες θεωρούνται τα αραιωτικά (*thinners*), οι συνδιαλύτες (*cosolvents*), οι δραστικοί διαλύτες, καθώς επίσης και τα δραστικά αραιωτικά. Το αραιωτικό είναι διαλύτης που προστίθεται κατά τη διάρκεια της παραγωγής ή πριν την εφαρμογή με σκοπό τη ρύθμιση της χρηστικότητας (*workability*) της ρητίνης ή του χρώματος. Οι δραστικοί διαλύτες και τα αραιωτικά συμπολυμερίζονται με το συνδεδεμένο μέσο αλλά μπορεί να συνδράμουν στον κύριο διαλύτη. Οι δραστικοί διαλύτες και τα αραιωτικά συμπολυμερίζονται με το συνδεδεμένο μέσο κατά την εναπόθεση του υμενίου (*film*) [22, 27].

Η σύνθεση ενός μείγματος διαλυτών (*solvent blend*) έχει πολύ μεγαλύτερη επίδραση στο επίχρισμα σε ότι αφορά στην εμφάνιση του υμενίου (*film*), στο κρέμασμα (*sagging*), στη ρεολογία, στην πρόσφυση, στις αντιδιαβρωτικές του ιδιότητες, κ.λπ. Επομένως θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη οι παρακάτω παράγοντες [22, 27]:

- Η πτητικότητα,
- Τα ρεολογικά του χαρακτηριστικά,
- Η επιφανειακή τάση,
- Η τοξικότητα,
- Η αναφλεξιμότητα,
- Η οσμή, και
- Η περιβαλλοντική συμβατότητα.

### 2.3.2.1 Κατηγορίες Διαλυτών

Οι διαλύτες χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη συμμετοχή τους σε δεσμούς υδρογόνου (*hydrogen bonds*). Οι κατηγορίες αυτές είναι [22, 27]:

- Ασθενείς δεσμοί υδρογόνου,
- Μέτριας δυνάμεως δεσμοί υδρογόνου,
- Ισχυροί δεσμοί υδρογόνου.

### 2.3.2.2 Βασικές Παράμετροι Διαλυτών

*Πτητικότητα (volatility)*. Η πτητικότητα των διαλυμάτων επηρεάζει το στέγνωμα, την εμφάνιση και τις φυσικές ιδιότητες του υμενίου (film).

*Επιφανειακή τάση (surface tension)*. Η επιφανειακή τάση επηρεάζει τη διαβροχή του υποστρώματος και των χρωμάτων επιστρώσεως (pigments), την ταχύτητα εξάτμισης καθώς και τη διαλυτική ισχύ του που εκφράζεται με την παράμετρο διαλυτότητας.

### 2.3.2.3 Φυσικές Ιδιότητες Διαλυτών

*Αγωγιμότητα (conductivity)*. Οι υδρογονάνθρακες έχουν πολύ χαμηλή αγωγιμότητα ενώ οι αλκοόλες και οι νιτροπαραφίνες αυξάνουν την αγωγιμότητα των επιχρισμάτων. Αυτή η ιδιότητα είναι πολύ σημαντική για τις ηλεκτροστατικές εφαρμογές.

*Σημείο ανάφλεξης (flash point)*. Είναι η θερμοκρασία εκείνη στην οποία ένα μείγμα διαλύτη και αέρα αναφλέγεται με γυμνή φλόγα. Το σημείο ανάφλεξης αποτελεί τη βάση για την κατάταξη των διαλυτών ανάλογα με την επικινδυνότητά τους.

*Περιοχή σημείου ζέσεως (boiling point range)*. Είναι το σημείο εκείνο στο οποίο ο υγρός διαλύτης βράζει και εξαερώνεται. Πολλοί από τους διαλύτες δεν έχουν ένα συγκεκριμένο σημείο ζέσεως, δεδομένου ότι είναι μείγματα και όχι καθαρές ουσίες.

### 2.3.2.4 Φυσιολογικές Ιδιότητες Διαλυτών

Αυτές οι ιδιότητες αφορούν στο ότι οι διαλύτες στην υγρή ή στην αέρια μορφή τους μπορεί να είναι ερεθιστικοί, καυστικοί, τοξικοί, δηλητηριώδεις, ακόμα και καρκινογενείς για τον άνθρωπο και το περιβάλλον του.

### 2.3.2.5 Επίδραση των Διαλυτών στα Επιχρίσματα

Ο κυριότερος σκοπός των διαλυτών για τα επιχρίσματα είναι να ρυθμίζουν το ιξώδες εφαρμογής και τα χαρακτηριστικά του στεγνώματος. Επιπλέον, επηρεάζεται η διαδικασία παραγωγής των ρητινών και ακολούθως των επιχρισμάτων.

Ενδεικτικά αναφέρονται παρακάτω οι πιο σημαντικές επιδράσεις:

- Στη διαβροχή των χρωμάτων επιστρώσεως,
- Στη στιλπνότητα και στην οπτική εμφάνιση του υμενίου γενικότερα,
- Στις μηχανικές ιδιότητες του υμενίου (film) με σκοπό την επίτευξη της βελτιστοποίησης των μηχανικών ιδιοτήτων, όπως ευκαμψία, σκληρότητα, κ.λπ.

#### 2.3.2.6 Πλαστικοποιητές

Οι πλαστικοποιητές είναι ουσίες που όταν ενσωματωθούν με κάποιο πολυμερές ή ρητίνη μειώνουν την επιφανειακή τάση ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η χρηστικότητα, η ελαστικότητα και η ευκαμψία του. Αυτή η επίδραση μπορεί να είναι πρόσκαιρη ή μόνιμη ανάλογα με το χρόνο που ο πλαστικοποιητής θα παραμείνει στο film [22].

#### 2.3.3 Χρώματα Επιστρώσεως (*pigments*) και Πληρωτικά

Τα pigments και τα πληρωτικά είναι διεσπαρμένα ως στερεά φάση σε σταθερή αιώρηση στην υγρή - στερεή φάση ενός ετερογενούς συστήματος που είναι το χρώμα. Ο ρόλος τους στο film είναι να προσφέρουν διακοσμητικότητα, καλυπτικότητα, προστασία καθώς και βελτίωση της ανθεκτικότητας του υποστρώματος [22, 27, 34].

Τα χρώματα επιστρώσεως (*pigments*) παίζουν το βασικότερο ρόλο στις προαναφερθείσες ιδιότητες. Τα πληρωτικά (*fillers*) σκοπό έχουν την αύξηση του όγκου του film ενώ ταυτόχρονα προσφέρουν κάποιες επιπλέον τεχνολογικές ιδιότητες και μειώνουν το κόστος του επιχρίσματος. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν το ανθρακικό ασβέστιο, η βαρυτίνη, πυριτικές ουσίες, κ.λπ. [22, 27, 34].

##### 2.3.3.1 Κατηγορίες Χρωμάτων Επιστρώσεως

###### *Λευκά Χρώματα Επιστρώσεως (κυρίως ανόργανα)*

Η οπτική εντύπωση του λευκού οφείλεται στην πολύ μικρή απορρόφηση και τη μεγάλη και μη επιλεκτική διάθλαση του φωτός που επιτυγχάνουν αυτά τα χρώματα επιστρώσεως (pigments). Αυτή η οπτική ιδιότητά τους οφείλεται στο μεγάλο δείκτη διάθλασης που έχουν [27, 34].

Το σημαντικότερο λευκό pigment είναι το διοξείδιο του τιτανίου ( $\text{TiO}_2$ ) που αποτελεί και τη βασική πρώτη ύλη στην παραγωγή επιχρισμάτων. Το θεικό βάριο είναι σχετικά ημιδιαφανές και χρησιμοποιείται συχνά ως πληρωτικό μέσο για αραίωση της χρωστικής δύναμης του pigment.

Το *διοξείδιο του τιτανίου* μπορεί να θεωρηθεί σχεδόν το τέλειο pigment καθώς έχει τέτοιο συνδυασμό φυσικών και χημικών ιδιοτήτων που το καθιστούν πολύ ανθεκτικό και σταθερό

στις περισσότερες συνταγές επιχρισμάτων. Είναι λαμπερό, λευκό και προσφέρει μεγάλη καλυπτικότητα – η αδιαφάνειά του είναι το αποτέλεσμα της ικανότητας σκέδασης του φωτός. Έχει τέλεια σταθερότητα στο φως και τη θερμότητα και πολύ καλή χημική σταθερότητα [21, 27, 34].

Σχηματίζονται δύο κρυσταλλικοί τύποι: ο Ανατάσης (*Anatase*) και το Ρουτίλιο (*Rutile*). Για την παραγωγή του χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι: η θειική (*sulphate*) – με την οποία μπορούν να παραχθούν και οι δύο κρύσταλλοι, και η χλωριούχος (*chloride*) – με την οποία παράγεται μόνο ρουτίλιο. Οι κρύσταλλοι τόσο του ρουτιλίου όσο και του ανατάση είναι τετραγωνικοί, με το ρουτίλιο να έχει μεγαλύτερη καλυπτική ικανότητα λόγω της στενότερης διάταξης των ατόμων στον κρύσταλλο. Οι δείκτες διάθλασης είναι 2,55 για τον ανατάση και 2,71 για το ρουτίλιο [21].

Στην Εικόνα 2.1 φαίνεται μία ειδική ασπρόμαυρη κάρτα που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία χρωμάτων κυρίως για τον έλεγχο της καλυπτικότητας επιχρισμάτων σε συγκεκριμένο κάθε φορά πάχος υμένα. Στην κάρτα απεικονίζεται η επίδραση της χρησιμοποιούμενης ποσότητας διοξειδίου του τιτανίου στην καλυπτικότητα του επιχρίσματος. Από αριστερά (λευκό πλαστικό χρώμα στο οποίο περιέχεται και η μεγαλύτερη ποσότητα  $TiO_2$ ) προς τα δεξιά, η ποσότητα του διοξειδίου του τιτανίου μειώνεται. Το προϊόν (A), είναι διάφανη βάση του Συστήματος Ανάμιξης Χρωμάτων προς χρωματισμό και δεν περιέχει καθόλου τιτάνιο.



**Εικόνα 2.1** Ασπρόμαυρη κάρτα που απεικονίζει τη διαβάθμιση του τιτανίου σε ομάδα προϊόντων (η κάρτα “τραβήχτηκε” στον εργαστηριακό χώρο της εταιρείας Druckfarben)

### **Έγχρωμα Χρώματα Επιστρώσεως (οργανικά και ανόργανα)**

Αυτά τα pigments μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με [34]:

- την απόχρωσή τους,
- τη χημική τους δομή.

### **Μαύρα Χρώματα Επιστρώσεως (οργανικά και ανόργανα)**

Έχουν την ικανότητα να απορροφούν το προσπίπτον φως με αποτέλεσμα τον προσδιορισμό της μύρης απόχρωσης.

### **Χρώματα Επιστρώσεως Ειδικών Αποχρώσεων (Special Effect Pigments)**

### **Φθορίζοντα Χρώματα Επιστρώσεως (Fluorescent Pigments)**

#### **2.3.3.2 Επίδραση των Pigments και των Πληρωτικών στις Ιδιότητες των Επιχρισμάτων**

Τα pigments και τα πληρωτικά διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στα οπτικά χαρακτηριστικά καθώς και στις υπόλοιπες φυσικές ιδιότητες του επιχρίσματος.

Τα οπτικά χαρακτηριστικά σχετίζονται με τη συμπεριφορά των pigment στο προσπίπτον φως και όταν αυτό ανακλάται πλήρως δίνει την αίσθηση του λευκού, όταν διαχέεται ενισχύει την αδιαφάνεια και όταν αλλάζει μήκος κύματος φθορίζει ή φωσφορίζει [34].

**Στιλπνότητα (gloss)** είναι η εντύπωση που λαμβάνεται όταν το φως ανακλάται υπό κάποιες γωνίες (85°, 60°, 20°). Τα χρώματα επιστρώσεως (pigments) επηρεάζουν τη στιλπνότητα μέσω των συγκεντρώσεών τους, των μεγεθών των σωματιδίων τους, και του βαθμού διασποράς τους στο σύστημα του συνδετικού μέσου. Μόνο τα *σωματίδια* που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια επηρεάζουν τη στιλπνότητα.

#### **2.3.4 Πρόσθετα**

“Πρόσθετα” (*additives*), καλούνται εκείνες οι ουσίες που προστίθενται στο επίχρισμα για να επιτελέσουν καταλυτικές ή τροποποιητικές λειτουργίες. Μερικές από αυτές είναι τα “Στεγνωτικά” (*driers*), “Θαμβωτικά” (*matting/ flattening agents*), “Αντιαφριστικά” (*antifoaming agents*), “Ανασταλτικά δημιουργίας μεμβράνης”, “Διασπορείς” (*dispersants*), “Διαβρέκτες” (*wetting agents*), κ.λπ. [22, 27].

##### **2.3.4.1 Στεγνωτικά**

Τα “στεγνωτικά” είναι οι καταλύτες που επιτυγχάνουν την οξειδωτική δια-σκήρυση του film ενός αλκυδικού χρώματος. Είναι μεταλλικά άλατα ή σάπωνες λιπαρών οξέων και το δραστικό τους μέρος είναι το μέταλλο, ενώ το οργανικό οξύ αποτελεί το φορέα που το

καθιστά συμβατό με το προς δια-σκλήρυνση συνδετικό μέσο του επιχρίσματος. Τέτοια παραδείγματα στεγνωτικών αποτελούν το κοβάλτιο (Co) και το στρόντιο (Sr) που δρουν σε βάθος (*πρωτεύοντα στεγνωτικά*), καθώς επίσης το ασβέστιο (Ca) και ο ψευδάργυρος (Zn) (*δευτερεύοντα στεγνωτικά*) που ενισχύουν τη δράση των πρωτευόντων [22].

#### 2.3.4.2 Διασπορείς και Διαβρέκτες

Οι διασπορείς και οι διαβρέκτες (*dispersing agents & wetting agents*) ανήκουν στα πρόσθετα και έχουν την ιδιότητα να διασπείρουν και να διαβρέχουν τις αδιάλυτες ουσίες (*pigments και πληρωτικά*), ώστε να παραμένουν σε σταθερό αιώρημα μέσα στο επίχρισμα [22, 27].

- Οι διασπορείς προσκολώνται στην επιφάνεια των *pigment* δημιουργώντας μια προστατευτική ασπίδα ηλεκτροστατικής ή στεριτικής μορφής, με σκοπό την παρεμπόδιση της επανασυσσωμάτωσης των διεσπαρμένων σωματιδίων,
- Οι διαβρέκτες είναι τασιενεργά μέσα και επιτρέπουν τη διαβροχή των *pigment* από το συνδετικό μέσο.

Τα “ρεολογικά μέσα” είναι οργανικά και ανόργανα και σκοπό έχουν την καθίζηση των χρωμάτων επιστρώσεως (*pigments*) και προσφέρουν θιξοτροπικές ιδιότητες στα επιχρίσματα.

#### 2.3.4.3 Ανασταλτικά Δημιουργίας Μεμβράνης

Όπως είναι γνωστό τα επιχρίσματα κατά την αποθήκευσή τους σε δοχεία ή δεξαμενές έχουν την τάση να σχηματίζουν μεμβράνη στην επιφάνειά τους. Αυτό οφείλεται στην επίπλευση του συνδετικού μέσου καθώς οξειδώνεται σχηματίζοντας μία αδιάλυτη μεμβράνη. Με σκοπό την αποφυγή αυτού του φαινομένου χρησιμοποιούνται παρεμποδιστές δημιουργίας μεμβράνης που έχουν αντιοξειδωτική δράση. Ο μηχανισμός της δράσης αυτής είναι ότι το πρόσθετο σχηματίζει σύμπλοκα με τους καταλύτες οξείδωσης, εμποδίζοντας έτσι την οξείδωση. Κατά τη χρήση του επιχρίσματος τα σύμπλοκα αυτά αποσυντίθενται επιτρέποντας την πραγματοποίηση της οξειδωτικής διασκλήρυνσης [22, 27].

#### 2.3.4.4 Αντιαφριστικά

Αφρός είναι η διασπορά των φυσαλίδων αέρα στην υγρή μάζα του χρώματος και μπορεί να σχηματιστεί κατά την παρασκευή, αποθήκευση και άντλησή του. Ο λόγος σχηματισμού αφρού είναι η τυρβώδης ανάδευση σε ένα μέσο που περιέχει επιφανειοδραστικές ουσίες. Συχνά ο αφρός σταθεροποιείται και μονιμοποιείται, δηλαδή δεν υποχωρεί. Γύρω από κάθε φυσαλίδα σχηματίζεται ένα λεπτό υμένιο συνδετικού μέσου και λόγω του μεγάλου αριθμού φυσαλίδων η ολική επιφάνεια υμενίων του συνδετικού μέσου είναι υπερβολικά μεγάλη. Τέλος, τα υμένια αυτά συνενώνονται σε μία μεμβράνη μεγάλου πάχους. Το φαινόμενο αυτό έχει βλαβερές συνέπειες στην ποιότητα και χρηστικότητα του επιχρίσματος. Επομένως, είναι

απαραίτητη η προσθήκη των αντιαφριστικών καθώς αυτά προλαμβάνουν το σχηματισμό αφρού και αποσταθεροποιούν τις φυσαλίδες που τυχόν έχουν ήδη σχηματιστεί. Τα αντιαφριστικά ανήκουν στην κατηγορία των επιφανειοδραστικών μέσων τα οποία τείνουν να ανέρχονται και να απλώνονται στην επιφάνεια του χρώματος [22, 27].

Τα αντιαφριστικά προλαμβάνουν τα ελαττώματα που προκαλούνται από αφρό στα οποία συμπεριλαμβάνονται ο σχηματισμός μεμβράνης, η μείωση της στιλπνότητας (*gloss reduction*), η δημιουργία κρατήρων, η μείωση διαστρωματικής πρόσφυσης καθώς και το θόλωμα των μη πιγμενταρισμένων film.

#### 2.3.4.5 Θαμβωτικά

Σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται μικρή στιλπνότητα και συγχρόνως διαύγεια. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη μικρόκοκκων ουσιών που είναι ασύμβατες με το συνδετικό μέσο. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν οι πολυαιθυλικές κηρώδεις ουσίες ή ιζηματογενή πυριτικά οξέα. Οι ουσίες αυτές συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του επιχρίσματος κατά τη φάση του στεγνώματος από όπου διαχέουν το φως έτσι ώστε η επιφάνεια να φαίνεται θαμπή (ματ). Αυτές οι ουσίες χαρακτηρίζονται ως θαμβωτικά και διαθέτουν πολύ χαμηλό δείκτη διαθλάσεως και πολύ μικρό μέγεθος σωματιδίων. Οι ουσίες αυτές προστίθενται σε μικρές ποσότητες με σκοπό τη διατήρηση της διαύγειας του film [22, 27].

#### 2.3.4.6 Συντηρητικά

Αυτές οι ουσίες είναι υπεύθυνες για την παρεμπόδιση της ανάπτυξης μικροοργανισμών και την αναστολή βιοαποικοδομητικών αλλοιώσεων των συστατικών του χρώματος. Τέτοια παραδείγματα είναι τα μυκητοκτόνα καθώς και τα βακτηριοκτόνα [22, 27].

Ο φορέας της μικροβιακής δράσης είναι το νερό είτε αυτό βρίσκεται μέσα στο χρώμα είτε με την μορφή υγρασίας στον περιβάλλοντα χώρο του αποθηκευμένου χρώματος ή του υμένα του.

Τα χρώματα που έχουν τη μεγαλύτερη ευαισθησία είναι τα βάσεως νερού, καθώς τα συστατικά τους έχουν υδρόφιλο χαρακτήρα και διατρέχουν το μεγαλύτερο κίνδυνο να βιοαποικοδομηθούν. Το εμφανές αποτέλεσμα της μικροβιακής δράσης, πέραν της δυσάρεστης οσμής και των ποικίλων αποχρωματισμών, είναι η μείωση του ιξώδους και των ρεολογικών τους χαρακτηριστικών.

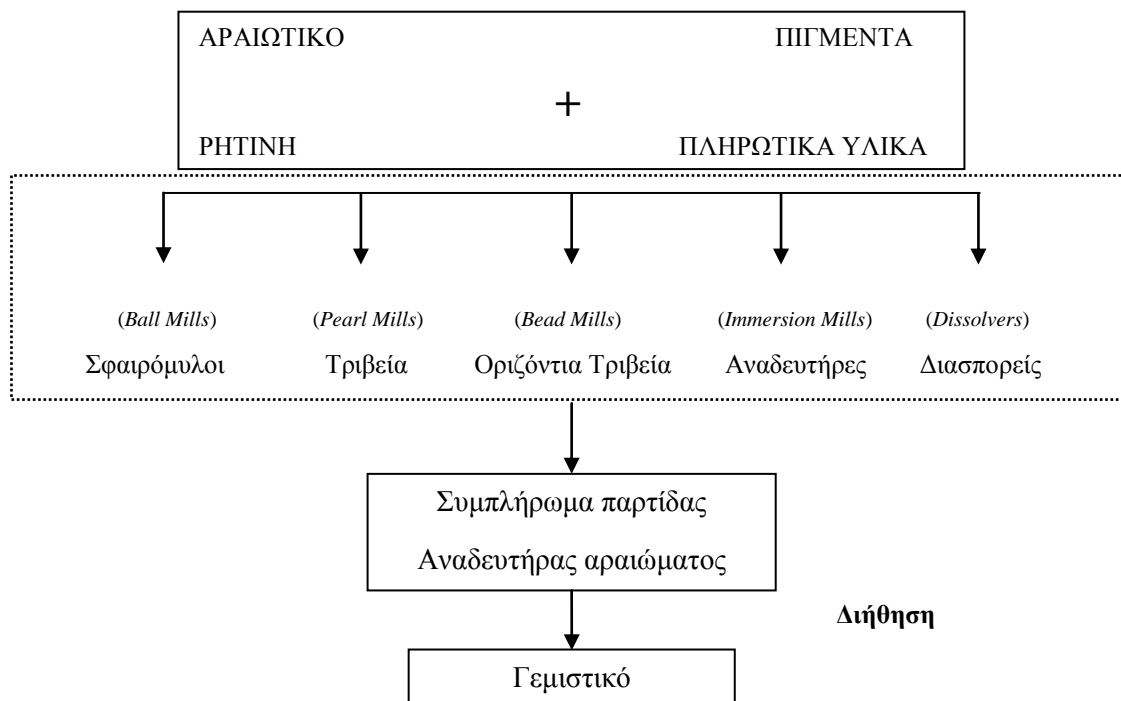
Παρόλα ταύτα ακόμα και τα χρώματα οργανικού διαλύτη διατρέχουν κίνδυνο μόλυνσης στα σημεία που έχουν σχηματιστεί πέτσες και αφροί κατά την αποθήκευσή τους αλλά και μετά την εναπόθεσή τους ως film, κυρίως σε υποστρώματα ξύλινων επιφανειών.

Σε συμπέρασμα όλων των παραπάνω, ένα σύστημα επιχρίσματος περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία: υμενιογόνο ουσία ή συνδετικό μέσο ή ρητίνη, διαλύτη, pigments, πληρωτικά και πρόσθετα. Το παραπάνω σύστημα χωρίς pigments αποκαλείται **βερνίκι**.



## 2.4 Παραγωγική Διαδικασία

Μια τυπική παραγωγική διαδικασία χρωμάτων (ανεξαρτήτως αν είναι βάσεως νερού ή διαλύτη απεικονίζεται συνοπτικά στο Σχήμα 2.2 και περιλαμβάνει δύο φάσεις. Η πρώτη είναι η φάση της λειοτριβήσης και η δεύτερη αυτή της προσθήκης των υπολοίπων υγρών πρώτων υλών (*let-down*) [35, 36].



**Σχήμα 2.2** Σχηματική παράσταση διαδοχικών φάσεων παραγωγής χρωμάτων με μηχανές λειοτριβήσης διαφόρων τύπων

### 2.4.1 Η Φάση της Λειοτριβήσης

Στη φάση της λειοτριβήσης (*τριψίματος*) μέσω φυσικής διεργασίας υγρής λειοτριβήσης προσπαθούμε να ελαττώσουμε το μέσο όρο της κοκκομετρίας των στερεών πρώτων υλών που περιέχει το επίχρισμα [35, 36].

Η επιθυμητή κοκκομετρία εξαρτάται από την τελική χρήση του επιχρίσματος π.χ. ένα χρώμα αυτοκινήτων πρέπει να είναι  $< 5\mu\text{m}$ , ένα αλκυδικό χρώμα (ελαιόχρωμα)  $< 18\mu\text{m}$ , και ένα πλαστικό χρώμα  $< 100\mu\text{m}$ .

Τα κλασικά μηχανήματα λειοτριβήσης που χρησιμοποιούνται σε όλες τις σύγχρονες βιομηχανίες χρωμάτων είναι τα ακόλουθα [22, 35, 36]:

- Σφαιρόμυλοι (*Ball – mills*),
- Διασπορείς (*High Speed dissolvers*),
- Οριζόντια τριβεία (*Bead mills*),
- Κάθετα τριβεία,
- Immersion mills (*Αναδευτήρες με grinding – baskets, Millennium*).

Σε αυτήν τη φάση τοποθετείται στο μηχανήμα το αραιωτικό μέσο (νερό ή διαλύτης), τα κατάλληλα πρόσθετα, ένα απαραίτητο μέρος της ρητίνης στα χρώματα διαλύτη και όλες οι σκόνες της συνταγής (*pigments, πληρωτικά υλικά*).

#### 2.4.2. Η Φάση της Προσθήκης των Υπολοίπων Πρώτων Υλών (*let – down*)

Στη φάση αυτή προστίθενται όλες οι υπόλοιπες πρώτες ύλες όπως προβλέπεται στην εντολή παραγωγής του προϊόντος. Ακολουθεί η ομογενοποίηση του τελικού προϊόντος στους διασπορείς χαμηλής περιστροφικής ταχύτητας.

### 2.5 Έλεγχος Ποιότητας και Δοκιμές Επιχρισμάτων

#### 2.5.1 Μέτρηση Ιδιοτήτων του προς Εφαρμογή Επιχρίσματος

##### 2.5.1.1 Μέτρηση Ιξώδους κατά Brookfield (ASTM D-2196)

Οι μετρήσεις δίνονται σε cP (centipoise) με δήλωση του δίσκου ανάδευσης και του αριθμού στροφών ανά λεπτό (Revolutions per Minute - RPM) (Εικόνα 2.2) [31, 32, 37].



**Εικόνα 2.2** *Ιξωδόμετρο Brookfield*  
(φωτογραφία από το εργαστήριο της εταιρείας Druckfarben)

##### 2.5.1.2 Μέτρηση Ιξώδους με Κύπελλο Ροής (ASTM D-1200)

Το χρώμα που εξατμίζεται τοποθετείται στο πρότυπο κύπελλο με οπή στον πυθμένα του και μετράται ο χρόνος σε δευτερόλεπτα (sec) που χρειάζεται για να αδειάσει το κύπελλο. Η μέθοδος αυτή είναι εφαρμόσιμη μόνο σε αραιά χρώματα [31, 32, 38].



**Εικόνα 2.3** *Ιξωδόμετρο με κύπελλο ροής*  
(φωτογραφία από το εργαστήριο της εταιρείας Druckfarben)

### 2.5.1.3 Μέτρηση Ιξώδους με Krebs-Stormer (ASTM D-562)

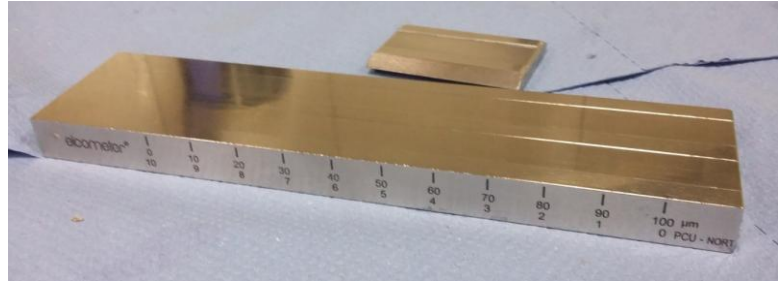
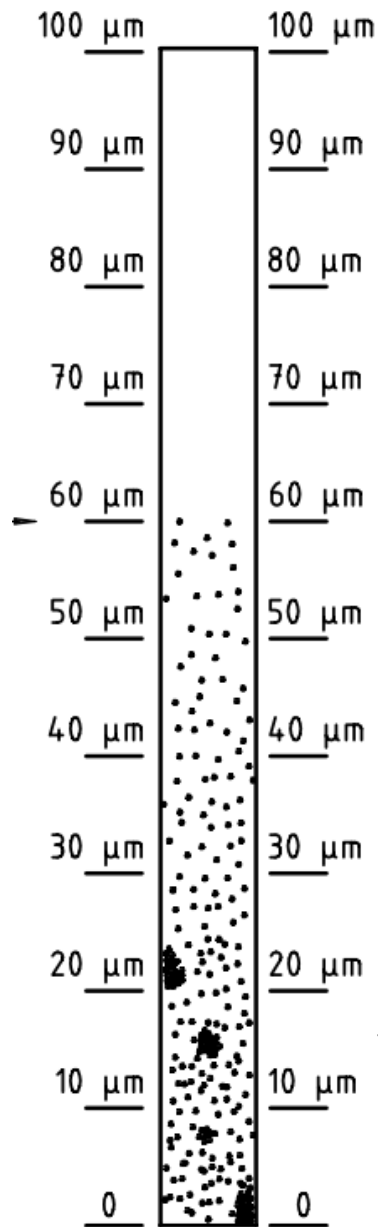
Το χρώμα τοποθετείται σε δοχείο όπου περιστρέφεται ένας άξονας με δύο πτερύγια με ταχύτητα 200 RPM (Εικόνα 2.4). Ο άξονας έχει μία χαραγή και ο άξονας βυθίζεται μέχρι εκείνο το σημείο. Μετράται το βάρος των σταθμών που είναι ικανά να προσδώσουν αυτήν την ταχύτητα στον άξονα. Όσο μεγαλύτερο το βάρος των σταθμών τόσο μεγαλύτερο είναι το ιξώδες. Η μέτρηση αυτή του βάρους των σταθμών μετατρέπεται σε Krebs Units (KU) [39, 40].



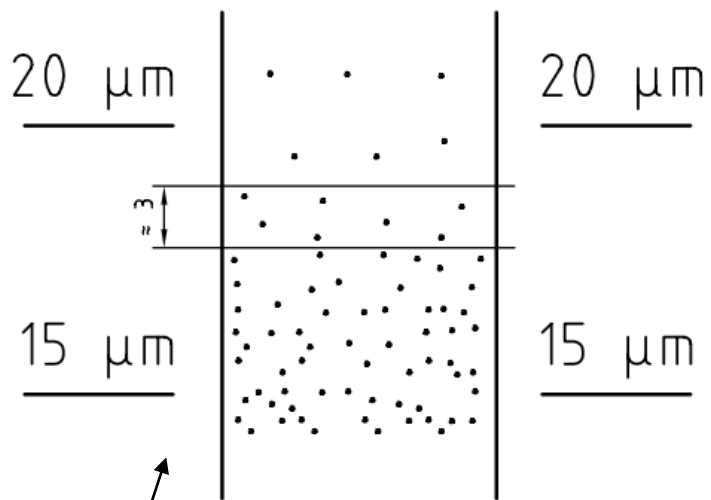
**Εικόνα 2.4** *Ιξωδόμετρο με Krebs (KU)*  
(φωτογραφία από το εργαστήριο της εταιρείας Vitex - ΑΦΟΙ ΓΙΑΝΝΙΔΗ)

### 2.5.1.4 Μέτρηση Βαθμού Λειοτριβής (τριψίματος) (ISO 1524)

Τοποθετείται μικρή ποσότητα επιχρίσματος σε όργανο με δύο αυλακώσεις με μειούμενο βάθος (Εικόνα 2.5) και σύρεται με ξέστρο μέχρι να εμφανισθούν γραμμές ή στίγματα. Όσο μεγαλύτερο το μήκος του υγρού film μέχρι τα στίγματα, τόσο καλύτερη η διασπορά [41].



Εικόνα 2.5 Όργανο μέτρησης του βαθμού λειοτριβής (φωτογραφία από το εργαστήριο της εταιρείας Druckfarben)



Μεγεθυμμένη εικόνα της κλίμακας στα 18μm

Τυπική ένδειξη της πλάκας λειοτριβής

### 2.5.1.5 Μέτρηση Ειδικού Βάρους – Πυκνότητας του προς Εφαρμογή Επιχρίσματος

Εκφράζεται σε  $\text{g/cm}^3$ . Μετράται με κύπελλο γνωστού όγκου και λαμβάνεται φροντίδα ώστε να μην εγκλωβίζεται αέρας.



Εικόνα 2.6 Πυκνόμετρα

### 2.5.2 Μέτρηση του Υμενίου του Επιχρίσματος μετά την Εφαρμογή

Το πλέον σημαντικό φαινόμενο που κυριαρχεί κατά την εφαρμογή του επιχρίσματος είναι το στέγνωμα που μορφοποιεί το film. Παρατηρούνται διάφορα είδη και διάφοροι χρόνοι στεγνώματος οι οποίοι οδηγούν και σε αντίστοιχες μετρήσεις σημαντικών ιδιοτήτων.

#### 2.5.2.1 Αυτόματη Μέθοδος Μέτρησης Στεγνώματος (BK Drying Recorder)

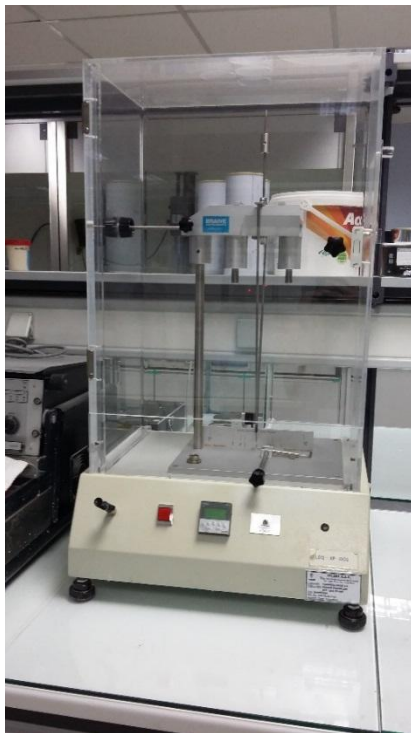
Ένας μηχανισμός σύρει μία βελόνη αργά πάνω στην επιφάνεια του ξηραίνόμενου film. Η βελόνα αρχικά δεν αφήνει χαραγή, ενώ στη συνέχεια χαράζει το film και σταματάει να το χαράζει όταν αυτό στεγνώσει πλήρως. Η μέθοδος αυτή είναι αντικειμενική και αξιόπιστη. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το στέγνωμα επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος, για αυτό το λόγο θα πρέπει να διατηρούνται σταθερά.



Εικόνα 2.7 Όργανο μέτρησης χρόνου στεγνώματος  
(φωτογραφία από το εργαστήριο της εταιρείας Druckfarben)

### 2.5.2.2 Μέτρηση Σκληρότητας του Υμενίου (*film*)

Το φιλμ μετά το στέγνωμά του συνεχίζει να σκληραίνει λόγω άλλων φυσικών φαινομένων. Συνήθως σε 15 μέρες επιτυγχάνεται η μέγιστη σκληρότητα. Η μέτρηση της σκληρότητας μπορεί να γίνει με πολλές μεθόδους. Μία από τις πιο διαδεδομένες και συνήθης μέθοδος είναι η **μέθοδος απόσβεσης εκκρεμούς κατά Koenig και Persoz, ΕΛΟΤ 453**. Μετράται ο χρόνος απόσβεσης των ταλαντώσεων του εκκρεμούς σε δευτερόλεπτα (sec). Όσο μεγαλύτερος ο χρόνος τόσο μεγαλύτερη η σκληρότητα.



**Εικόνα 2.8** Όργανο μέτρησης της σκληρότητας της μεμβράνης (*film*)  
(φωτογραφία από το εργαστήριο της εταιρείας Vitex - ΑΦΟΙ ΓΙΑΝΝΙΔΗ)

### 2.5.2.3 Μέτρηση Ευκαμψίας με Πτώση Βάρους (*Reverse Impact*) (ISO 6272)

Μετράται η διάρρηξη του υμένα με την πτώση σιδερένιας σφαίρας στο πίσω μέρος του μεταλλικού υποστρώματος όταν έχει εναποτεθεί το film.

### 2.5.2.4 Αντοχή στις Καιρικές Συνθήκες (*Weather Resistance*)

Μία τέτοια μέτρηση είναι μακροχρόνια και για το λόγο αυτό έχουν επινοηθεί μέθοδοι προσομοίωσης των καιρικών συνθηκών με επιτάχυνση των επιδράσεων. Αυτό γίνεται με υπεριώδη ακτινοβολία και κυκλικές μεταπτώσεις θερμοκρασίας και υγρασίας. Τέτοια συσκευή είναι το *Weather - Ometer* όπου τα επιχρισμένα δοκίμια υποβάλλονται στις καταπονήσεις αυτές και στη συνέχεια μετρώνται οι αλλοιώσεις του υμενίου (*film*), οι αποχρωματισμοί, η απώλεια στιλπνότητας, οι μειωμένες μηχανικές αντοχές, κ.λπ. [42].

### 2.5.2.5 Αντοχή στη Διάβρωση (Salt Spray)

Επιχρισμένα δοκίμια εκτίθενται σε συσκευή όπου δημιουργείται αλατονέφωση. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα ελέγχονται τα δείγματα για διάβρωση και άλλες ιδιότητες.

### 2.5.2.6 Μέτρηση Στιλπνότητας (Gloss) (ISO 2813)

Η στιλπνότητα μετράται με ένα στιλπνόμετρο (*Gloss meter*), το οποίο εκπέμπει ακτίνες φωτός που προσπίπτουν υπό γωνία στο δοκίμιο. Ένα φωτοκύτταρο μετράει το ποσοστό ανακλώμενου φωτός, υπό την ίδια γωνία. Συνήθως οι γωνίες πρόσπτωσης και παρατήρησης είναι 60° και 20° για τα πολύ στιλπνά χρώματα. Γωνία 85° χρησιμοποιείται για τα ματ χρώματα [43].



**Εικόνα 2.9** Όργανο μέτρησης της στιλπνότητας του στεγνού φιλμ  
(φωτογραφία από το εργαστήριο της εταιρείας Druckfarben)

### 2.5.2.7 Μέτρηση Καλυπτικής Ικανότητας (Hiding Power)

Μετά την ξήρανση του υμένα πάνω σε ασπρόμαυρο ειδικό δοκίμιο (κάρτα) μετράται η ανακλαστικότητα του φωτός πάνω από το λευκό και το μαύρο μέρος της κάρτας αντίστοιχα.

$$\text{Λόγος αντίθεσης} = \text{Ανακλαστικότητα μαύρου} / \text{Ανακλαστικότητα λευκού}$$

Όταν ο λόγος αντίθεσης είναι 98% τότε θεωρείται ότι έχει επιτευχθεί η καλυπτικότητα. Πιο απλά, η καλυπτικότητα επιτυγχάνεται όταν οι διαφορές μαύρου/λευκού εξαφανίζονται και το μόνο ορατό χρώμα είναι αυτό του επιχρίσματος (Εικόνα 2.1 – Λευκό).

### 2.5.2.8 Μέτρηση Δεικτών Λευκότητας και Κιτρινίλας (ΕΛΟΤ 849, ASTM E 313 – 05)

Αρχικά η λευκότητα υπολογιζόταν μετά από μέτρηση με ένα χρωματόμετρο της ανακλαστικότητας του film με κυανό και πράσινο φίλτρο. Λευκότητα (WI) = 4B – 3G

όπου: B και G είναι οι ανακλαστικότητες με το κυανό και το πράσινο φίλτρο αντίστοιχα.

Σήμερα, η συνήθης χρησιμοποιούμενη πρακτική βασίζεται στον υπολογισμό των δεικτών λευκότητας και κιτρινίλας με βάση χρωματομετρικές συντεταγμένες οι οποίες λαμβάνονται

μετά τη μέτρηση των δοκιμών σε φασματοφωτόμετρα ανάκλασης, τα οποία χρησιμοποιούνται βασικά για τη μέτρηση της απόχρωσης των επιχρισμάτων [44].

Η πρακτική αυτή θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο για τη σύγκριση δειγμάτων από το ίδιο υλικό και την ίδια εμφάνιση γενικά. Για παράδειγμα, τα προς σύγκριση δείγματα θα πρέπει να έχουν γενικά παρόμοια στιλπνότητα, υφή, πάχος (αν δεν είναι αδιαφανή), και διαύγεια.

### 2.5.2.9 Μέτρηση Απόχρωσης

Η αντικειμενική μέτρηση της απόχρωσης πραγματοποιείται με φασματοφωτόμετρο που υπάγεται στο σύστημα  $L^*a^*b^*$  κατά CIE [45]. Συχνά η απόχρωση μπορεί να εκτιμηθεί και με το μάτι σε κατάλληλο θάλαμο, καθορισμένου φωτισμού.



**Εικόνα 2.10** Φασματοφωτόμετρο Ανακλάσεως



**Εικόνα 2.11** Φασματοφωτόμετρο Ανακλάσεως

### 2.5.2.10 Απώλειες Πυριατηρίου (Stoving Loss)

Μετράει τις απώλειες σε διαλύτες, νερό και δεσμευτικά υλικά, μετά από καθορισμένο χρόνο παραμονής του δείγματος στο φούρνο.



**Εικόνα 2.12** Πυριατήριο (φωτογραφία από το εργαστήριο της εταιρείας Druckfarben)



## 2.6 Κατηγορίες Επιχρισμάτων

### 2.6.1 Οικοδομικά Χρώματα

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν κυρίως τα *πλαστικά* χρώματα (υδατικά), και *αλκυδικά* χρώματα (οργανικού διαλύτη). Στην κατηγορία συμπεριλαμβάνονται όλα εκείνα τα χρώματα που προορίζονται για κτίρια και για διάθεση στο γενικό εμπόριο, των οποίων η χρήση κατά κύριο λόγο αποσκοπεί σε διακοσμητικούς, προστατευτικούς, καθώς επίσης και λειτουργικούς σκοπούς [22]. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν:

- Επιχρίσματα ματ, εσωτερικών τοίχων και οροφών,
- Επιχρίσματα στιλπνά, εσωτερικών τοίχων και οροφών,
- Χρώματα εσωτερικών και εξωτερικών διακοσμήσεων καθώς και επενδύσεων από ξύλο, μέταλλο ή πλαστικό που μπορεί να είναι στιλπνά ή ματ,
- Βερνίκια επιχρίσματος ξύλου εσωτερικών και εξωτερικών διακοσμήσεων. Τα βερνίκια αυτά σχηματίζουν διαφανές ή μη διαφανές film για προστασία ξύλου, μετάλλου και πλαστικού,
- Αστάρια (*undercoats*), τα οποία είναι επιχρίσματα που χρησιμοποιούνται με σκοπό την προετοιμασία αλλά και την προστασία μιας επιφάνειας πριν την εναπόθεση του τελικού επιχρίσματος (*topcoat*). Αυτά χρησιμοποιούνται σε ξύλο, τοίχους και οροφές.

### 2.6.2 Χρώματα Συντήρησης

Σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνονται όλα τα προηγούμενα χρώματα με ενισχυμένη την παρουσία των πολυουρεθανικών, εποξειδικών και ακρυλικών ουσιών έχοντας ως σκοπό την προστασία των μηχανημάτων και των κατασκευών από τις διαβρωτικές επιδράσεις του περιβάλλοντος. Η διακοσμητική ικανότητα αυτών των χρωμάτων είναι δευτερευούσης σημασίας.

Στα χρώματα συντήρησης περιλαμβάνονται επίσης:

- Τα *χρώματα επαναβαφής αυτοκινήτων*, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση, επισκευή και διακόσμηση του οχήματος εκτός των εγκαταστάσεων κατασκευής του,
- Τα *ναυτιλιακά χρώματα*, που προορίζονται για την προστασία, επισκευή και διακόσμηση των πλοίων το μεγαλύτερο μέρος των οποίων εκτίθεται στη διάβρωση, καθώς το θαλάσσιο περιβάλλον είναι ιδιαίτερα διαβρωτικό για τις σιδηρές επιφάνειες των πλοίων και επομένως οι απαιτήσεις για αντιδιαβρωτική προστασία είναι αυστηρότερες,
- Καθώς και σωρεία άλλων χρωμάτων που εφαρμόζονται εντός και εκτός ειδικών χώρων συντήρησης.

### 2.6.3 Βιομηχανικά Χρώματα

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα χρώματα που χρησιμοποιούνται για την προστασία και διακόσμηση αντικειμένων που παράγονται σε βιομηχανικούς χώρους ακόμα και αν η μόνη παραγωγική διαδικασία είναι η βαφή των αντικειμένων αυτών.

Τα χρώματα αυτά μπορεί να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- Αυτόματη βαφή αυτοκινήτων,
- Ελασματοβαφή (*Coil Coating*) που είναι η συνεχής επίχριση μεταλλικών ελασμάτων,
- Μονωτική επίχριση ηλεκτρικών συρμάτων (*Electrical Insulation Systems*). Τα επιχρίσματα αυτά παρέχουν ηλεκτρική μόνωση στα ηλεκτρικά σύρματα, στις ηλεκτρονικές συσκευές, στις περιελίξεις των γεννητριών, καθώς επίσης και στους μετασχηματιστές,
- Επίχρισης ξύλου. Αφορά κυρίως την επίχριση των επίπλων.

### 2.6.4 Εξειδικευμένα Χρώματα

Είναι εκείνα τα χρώματα που υμενιοποιούνται με εξειδικευμένες τεχνικές όπως η σκλήρυνση με υπεριώδη ακτινοβολία, η σκλήρυνση με δέσμες ηλεκτρονίων καθώς επίσης και η εναπόθεση υμενίου (*film*) με ηλεκτροστατικές τεχνικές.

Τα χρώματα αυτά μπορούν να χωριστούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Αντιγραφητικά** (*Anti graffiti*). Είναι εκείνα τα χρώματα που δεν επιτρέπουν την προσθήκη άλλου χρώματος από πάνω τους ενώ ταυτόχρονα δεν μπορεί να υπάρξει καταστροφή του ιδίου,
- **Επιβραδυντικά φλόγας** (*Flame Retardant*). Αυτά τα χρώματα έχουν την ιδιότητα να καθυστερούν τη διάδοση της πυρκαγιάς.

## 2.7 Προστασία του Περιβάλλοντος και Μέτρα Ασφαλείας κατά την Παραγωγή και Εφαρμογή Επιχρισμάτων

Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης η προστασία του περιβάλλοντος είναι αντικείμενο θεσμοθετημένων κανονισμών, ρυθμίσεων και ελέγχων.

### 2.7.1 Έλεγχος της Μόλυνσης του Αέρα (*Air Pollution Control*)

Οι ποσότητες των εκπομπόμενων ρύπων των οργανικών διαλυτών περιορίζονται με αναγκαστικούς περιορισμούς και είναι [22]:

VOC = *Volatile Organic Compounds* (g/L). Δηλαδή τα γραμμάρια (g) που ένα λίτρο (L) χρώματος επιτρέπεται να εκλύει στο περιβάλλον. Επίσης το *Solvent Management Plan* (SMP) είναι αναγκαστική δήλωση εκλύσεων οργανικών διαλυτών από ένα βιομηχανικό χώρο.

### **2.7.2 Έλεγχος της Μόλυνσης των Υδάτων (*Water Pollution Control*)**

Για την προστασία των επιφανειακών και υπογείων υδάτων έχουν θεσμοθετηθεί κανόνες που ορίζουν τα επιτρεπτά επίπεδα ακόμα και των αποβαλλομένων μη βλαβερών ουσιών που όμως επηρεάζουν τις βλαβερές απαιτήσεις σε οξυγόνο, COD (*Chemical Oxygen Demand*). Οι βλαβερές ουσίες δεν επιτρέπεται να αποβάλλονται στο υδατικό οικοσύστημα. Οι διάφορες ουσίες κατατάσσονται με την βλαπτικότητα τους στα ψάρια και είναι οι ακόλουθες:

- 0: γενικώς μη βλαβερές στο νερό,
- 1: ελάχιστα βλαβερές στο νερό,
- 2: βλαβερές στο νερό,
- 4: πολύ βλαβερές στο νερό.

### **2.7.3 Έλεγχος Αποβλήτων (*Waste Management*)**

Η φιλοσοφία ελέγχου των αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση ακολουθεί την παρακάτω ιεράρχηση και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν από το εργοστάσιο.

- Αποφυγή (*Avoidance*),
- Μείωση (*Reduction*),
- Ανακύκλωση (*Recycling*),
- Ανάκτηση ενέργειας (*Energy Recovery*),
- Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (*Landfill*).

### **2.7.4 Ασφαλής Διαχείριση Επιχρισμάτων**

Κατά τον χειρισμό των υλικών που σχετίζονται με τα χρώματα προκύπτουν δύο μορφές κινδύνου:

- Κίνδυνος φωτιάς και έκρηξης,
- Κίνδυνος για την υγεία από κατάποση, εισπνοή και επαφή με το δέρμα.

Λάθος χειρισμοί μπορούν να οδηγήσουν στην πιθανότητα δερματικών ασθενειών, αναπνευστικών ασθενειών, αλλεργιών. Βλαβών στο ανοσοποιητικό σύστημα, βλαβών στο νευρικό σύστημα, γενετικών μεταβολών, καρκίνου, βλαβών του ήπατος, και των νεφρών και στέρωσης.

Για την αποφυγή των παραπάνω κινδύνων προβλέπονται προληπτικά μέτρα και δίνονται σχετικές οδηγίες για κάθε υλικό.

Επίσης, και για την μεταφορά των υλικών υπάρχουν κανονισμοί που προβλέπουν την αποφυγή και την αντιμετώπιση κινδύνων ανάλογα με το σημείο ανάφλεξης, την τοξικότητα, τη βλαπτικότητα, την ερεθιστικότητα, το ιξώδες και την αναμειξιμότητα στο νερό.











### **2.7.5 Σήμανση Επικινδυνότητας Ουσιών**

Κάθε ουσία είτε είναι πρώτη ύλη, ενδιάμεσο ή τελικό προϊόν οφείλει να φέρει την σήμανση της επικινδυνότητάς της στις συσκευασίες και τα συνοδευτικά έγγραφα ασφαλείας της (Επιγραφή = *label* και MSDS = *Material Safety Data Sheets* ή απλά SDS). Οι ουσίες που δεν παρουσιάζουν κάποια επικινδυνότητα δε χρειάζονται σήμανση.

Η σήμανση συμβολίζεται με γράμματα και εικόνες που είναι μαύρο σύμβολο σε πορτοκαλί υπόβαθρο, και διευκρινίζεται γραπτώς. Οι σημάνσεις είναι:

- Xi: ερεθιστικό (*Irritant*),
- Xn: Βλαβερό (*Harmful*),
- C: Διαβρωτικό (*Corrosive*),
- F: Εύφλεκτο (*Flammable*),
- F+: Εξαιρετικά εύφλεκτο (*Extremely Flammable*),
- O: Οξειδωτικό (*Oxidizing*),
- E: Εκρηκτικό (*Explosive*),
- T: Τοξικό (*Toxic*),
- T+: Εξαιρετικά τοξικό (*Very toxic*),
- N: Επικίνδυνο για το περιβάλλον (*Dangerous for the Water Environment*).

Η κάθε σήμανση περιλαμβάνει τις ανάλογες φράσεις κινδύνου, R που περιγράφουν τους κινδύνους αυτούς και S τις οδηγίες αντιμετώπισης.

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ - ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ			
ΣΥΜΒΟΛΑ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΣΥΜΒΟΛΑ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ
	<b>E</b> Εκρηκτικό Explosive Explosif Explosionsgefährlich		<b>O</b> Οξειδωτικό Oxidizing Comburant Brandfördernd
	<b>F</b> Πολύ εύφλεκτο Highly flammable Facilement inflammable Leichtentzündlich		<b>F+</b> Εξαιρετικά εύφλεκτο Extremely flammable Extrêmement inflammable Hochentzündlich
	<b>T</b> Τοξικό Toxic Toxique Giftig		<b>T+</b> Πολύ τοξικό Very toxic Très toxique Sehr giftig
	<b>C</b> Διαβρωτικό Corrosive Corrosif Ätzend		<b>Xn</b> Επιβλαβές Harmful Nocif Mindergiftig
	<b>Xi</b> Ερεθιστικό Irritant Reizend		<b>N</b> Επικίνδυνο για το περιβάλλον Dangerous for the environment Dangereux pour l'environnement Umweltgefährlich

Εικόνα 2.13 Σήμανση της επικινδυνότητας των ουσιών (σήμανση δοχείου)

### 2.7.6 Δελτία Δεδομένων Ασφαλείας, MSDS (Material Safety Data Sheets)

Σύμφωνα με τους Ευρωπαϊκούς αλλά ακόμα και τους Παγκόσμιους κανονισμούς κάθε ουσία πρέπει να συνοδεύεται από Έγγραφο Δεδομένων Ασφαλείας (MSDS). Αυτά περιγράφουν την ουσία και τις ιδιότητές της σε 16 παραγράφους σχετικά με τις επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον κατά τη χρήση, αποθήκευση και μεταφορά της. Επίσης, αναφέρονται ιδιότητες που αφορούν τα θέματα που προαναφέρθηκαν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΑΠΟΧΡΩΣΕΩΝ

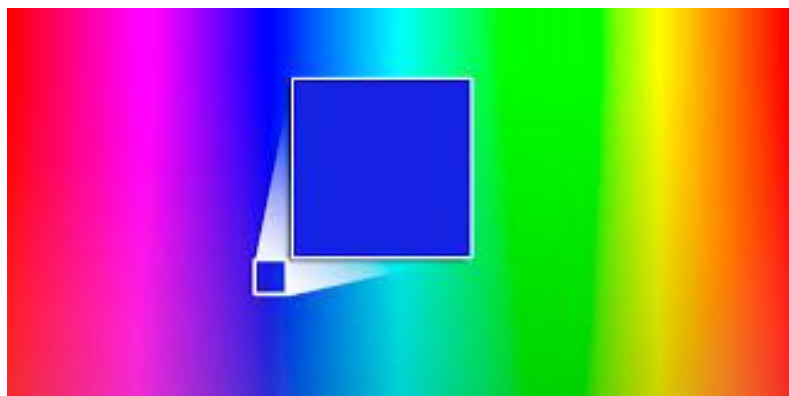
#### 3.1 Τα Χαρακτηριστικά των Αποχρώσεων



Στην προσπάθεια περιγραφής ενός χρώματος είναι αναγκαία η αναφορά κάποιων χαρακτηριστικών του. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι τόσο σημαντικά ώστε η παραμικρή απόκλιση ή αλλοίωση αυτών επηρεάζει άμεσα το οπτικό αποτέλεσμα.

*Απόχρωση (hue)* καλείται ο χρωματικός χαρακτήρας του κάθε χρώματος σε σχέση με τα υπόλοιπα χρώματα. Υπάρχουν περισσότερες από 100 αποχρώσεις χρωμάτων. Το ερυθρό π.χ. δεν είναι ένα ερυθρό. Υπάρχει ερυθρό με απόχρωση πορτοκαλί, ερυθρό με απόχρωση ιώδους, κ.λπ. [46, 47].

Οι αποχρώσεις ορίζονται από τη θέση τους πάνω στην περιφέρεια του χρωματικού κύκλου. Στην περίπτωση αυτή το χρώμα δεν έχει την προσθήκη μαύρου, λευκού ή φαιού χρώματος.

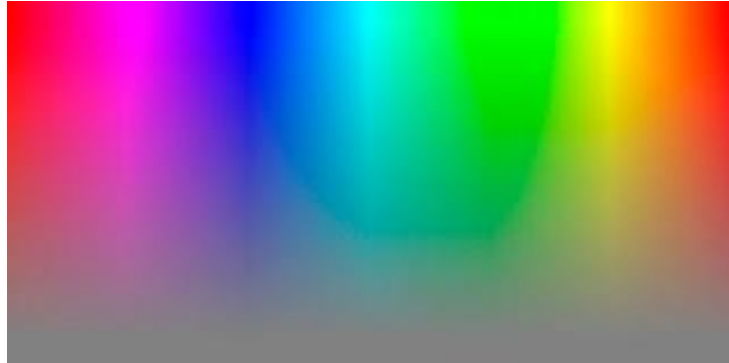


**Εικόνα 3.1** Η απόχρωση

*Ένταση* ενός χρώματος ονομάζεται η καθαρότητα και η διαύγεια που διαθέτει. Καθαρά χρώματα είναι τα βασικά χρώματα αλλά και τα απλά χρώματα που συναντά κανείς στη λαϊκή τέχνη και τη ζωγραφική των παιδιών. Ένταση παρατηρείται για παράδειγμα στα δυνατά και καθαρά ερυθρά, πράσινα, κίτρινα, που μοιάζουν με τα χρώματα της φύσης και είναι εκφραστικά και αισθησιακά. Λιγότερη ένταση αλλά μεγαλύτερη εσωτερικότητα και

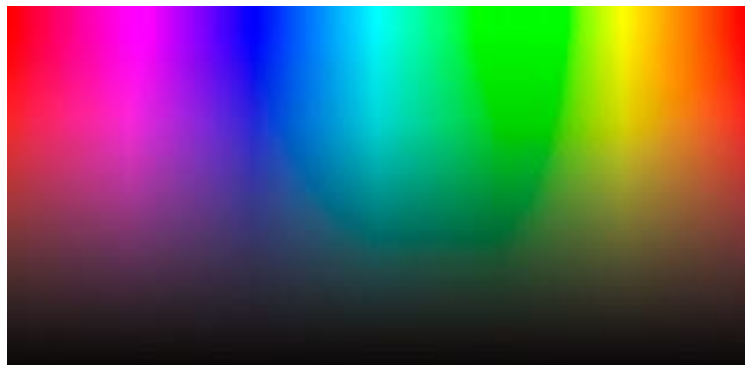
ποιότητα έχουν τα “σπασμένα” χρώματα, τα χρώματα που αναμιγνύονται με κάποιο άλλο χρώμα, με λευκό, μαύρο, φαιό, κ.λπ. [46].

Ο **Κορεσμός** (*saturation*) ή η **Καθαρότητα** (*purity*) ενός χρώματος καθορίζεται από την περιεκτικότητά του σε φαιό. Ο κορεσμός ενός χρώματος ορίζεται από τη θέση του χρώματος πάνω σε μια ακτίνα του χρωματικού κύκλου [46, 47].



**Εικόνα 3.2** Κορεσμός ή καθαρότητα

**Φωτεινότητα** (*Brightness*). Η φωτεινότητα ενός χρώματος εξαρτάται από την περιεκτικότητά του σε μαύρο [46, 47].



**Εικόνα 3.3** Φωτεινότητα

**Τόνος** ενός χρώματος είναι η ιδιότητα που εκφράζει τη σχέση του με το φως. Από αυτό φαίνεται πόσο φωτίζεται ή όχι ένα χρώμα, πόσο δηλαδή αυτό είναι ανοικτό ή σκοτεινό. Πρακτικά, οι τόνοι ενός χρώματος δημιουργούνται με την ανάμειξή του με το συμπληρωματικό του ή με ποσοστό του φαιού χρώματος [46, 47].

**Σκιά** (*Shadow*). Οι σκιές είναι οι σκοτεινοί τόνοι ενός χρώματος. Η σκιά ενός χρώματος δημιουργείται με την προσθήκη διαφορετικών ποσοστών μαύρου [46, 47].

### 3.2 Χρωματικός Χώρος (κύκλος)

Στο χρωματικό κύκλο αποτυπώνεται η θεωρία των χρωμάτων και αποτελεί ένα βοήθημα για την κατανόηση και την εφαρμογή της. Πάνω στο χρωματικό κύκλο αποτυπώνονται όλα τα χρώματα όπως αυτά προκύπτουν από την ανάλυση του λευκού φωτός. Τα χρώματα πάνω στο χρωματικό κύκλο (Εικόνα 3.4) είναι ομαδοποιημένα σύμφωνα με [9, 19, 47]:



- τη σχέση τους, διακρίνονται σε πρωτεύοντα, δευτερεύοντα και ενδιάμεσα,
- την έντασή τους, διακρίνονται σε ψυχρά, θερμά και ουδέτερα,
- τη θέση τους πάνω στο χρωματικό κύκλο, διακρίνονται σε συμπληρωματικά και αναλογικά,
- το μέσο από το οποίο παράγονται, διακρίνονται σε προσθετικά και αφαιρετικά.

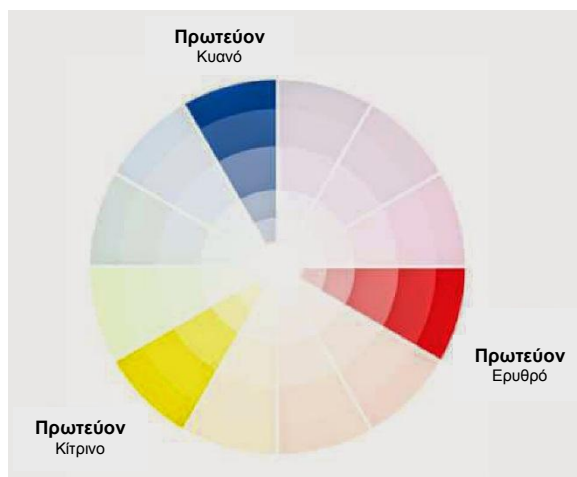


Εικόνα 3.4 Χρωματικός κύκλος



### 3.2.1 Πρωτεύοντα Χρώματα

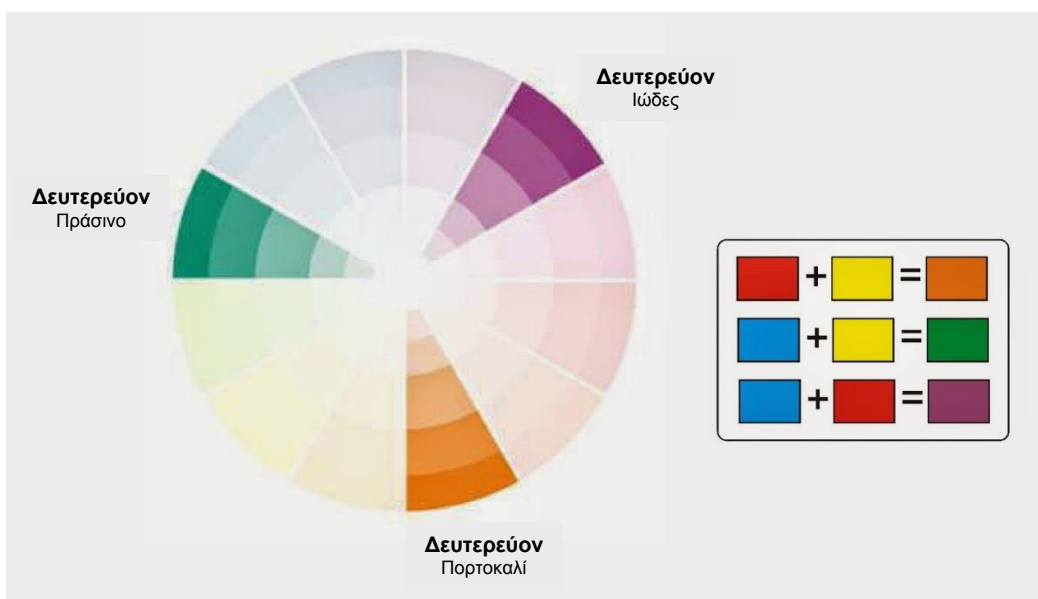
Τα πρωτεύοντα χρώματα είναι το ερυθρό, το κίτρινο και το κυανό. Τα χρώματα αυτά δεν μπορούν να δημιουργηθούν από τη μίξη άλλων χρωμάτων. Αντίθετα, όλα τα υπόλοιπα χρώματα τα δευτερεύοντα και τα ενδιάμεσα δημιουργούνται από τη μίξη των τριών πρωτευόντων χρωμάτων [9, 19, 46].



Εικόνα 3.5 Πρωτεύοντα χρώματα

### 3.2.2 Δευτερεύοντα Χρώματα

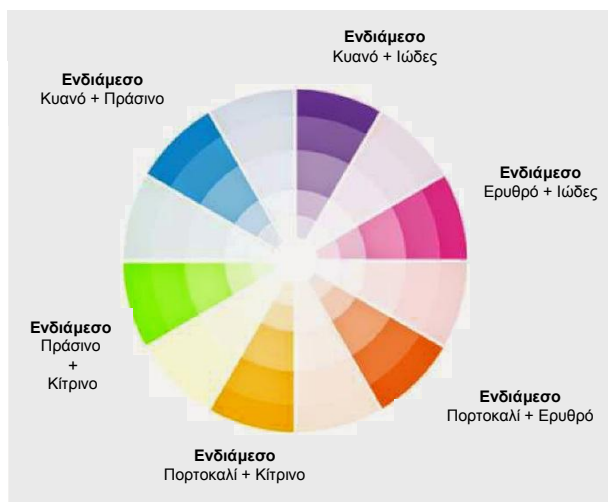
Τα δευτερεύοντα χρώματα είναι το πράσινο, το πορτοκαλί και το ιώδες. Τα δευτερεύοντα χρώματα δημιουργούνται από την μίξη δύο πρωτευόντων χρωμάτων. Το κάθε δευτερεύον χρώμα παράγεται από τα δύο πρωτεύοντα χρώματα που βρίσκονται αριστερά και δεξιά του, πάνω στο χρωματικό κύκλο. Έτσι, η μίξη του ερυθρού και του κίτρινου δίνει το πορτοκαλί, αντίστοιχα η μίξη του κίτρινου και του κυανού δίνει το πράσινο και τέλος η μίξη του κυανού και του ερυθρού δίνει το ιώδες [9, 19, 46].



Εικόνα 3.6 Δευτερεύοντα χρώματα

### 3.2.3 Ενδιάμεσα Χρώματα

Τα ενδιάμεσα χρώματα παράγονται από τη μίξη ενός δευτερεύοντος με ένα πρωτεύον χρώμα. Μερικά παραδείγματα ενδιάμεσων χρωμάτων είναι τα ακόλουθα: αν στο ιώδες προστεθεί ερυθρό τότε παράγεται ένα έντονο ιώδες που κοκκινίζει, ενώ αν στο πράσινο προστεθεί κίτρινο τότε παράγεται ένα ανοιχτό πράσινο που περισσότερο κιτρινίζει.



Εικόνα 3.7 Ενδιάμεσα χρώματα

### 3.2.4 Ψυχρά Χρώματα

Τα ψυχρά χρώματα είναι το πράσινο, το κυανό, το ιώδες και τα παράγωγά τους. Αυτά τα χρώματα ονομάζονται “ψυχρά” επειδή πλησιάζουν προς τις αποχρώσεις του πάγου και του νερού. Τα ψυχρά χρώματα συνήθως δίνουν μια αίσθηση δροσιάς επειδή έχουν την ικανότητα να μειώνουν την ταχύτητα της κυκλοφορίας του αίματος και να ρίχνουν τη θερμοκρασία του σώματος.



Εικόνα 3.8 Ψυχρά χρώματα

### 3.2.5 Θερμά Χρώματα

Τα θερμά χρώματα είναι το ερυθρό, το πορτοκαλί, το κίτρινο και τα παράγωγά τους. Αυτά τα χρώματα ονομάζονται “θερμά” επειδή πλησιάζουν προς τις αποχρώσεις του ήλιου και της φωτιάς. Τα θερμά χρώματα συνήθως δίνουν μια αίσθηση ζέστης επειδή έχουν την ικανότητα να αυξάνουν την ταχύτητα της κυκλοφορίας του αίματος και να ανεβάζουν τη θερμοκρασία του σώματος.

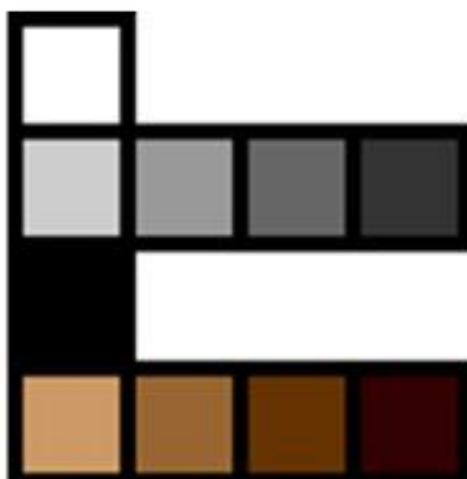


Εικόνα 3.9 Θερμά χρώματα

### 3.2.6 Ουδέτερα Χρώματα

Τα ουδέτερα ή γήινα χρώματα συνήθως δεν εμφανίζονται πάνω στο χρωματικό κύκλο. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν το μαύρο, το φαιό, το καστανό και το *beige*. Τα ουδέτερα χρώματα δημιουργούνται από τις παρακάτω μίξεις:

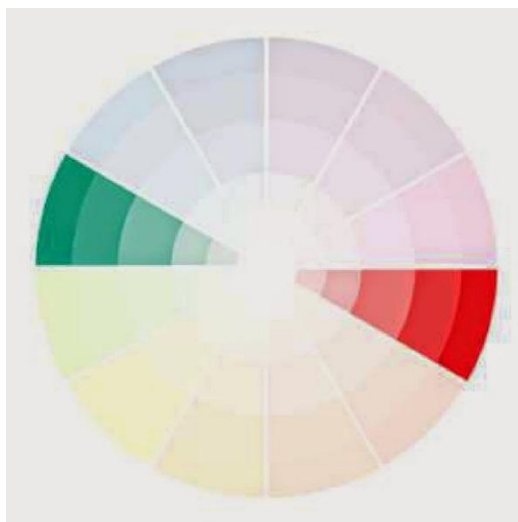
- Από το μαύρο και λευκό δημιουργούνται οι αποχρώσεις του φαιού,
- Από τη μίξη των συμπληρωματικών χρωμάτων δημιουργούνται οι αποχρώσεις του καστανού και του *beige*,
- Από τη μίξη τριών πρωτευόντων χρωμάτων και την προσθήκη μαύρου ή λευκού δημιουργούνται τονικές διαβαθμίσεις του καστανού και του *beige*.



Εικόνα 3.10 Ουδέτερα χρώματα

### 3.2.7 Συμπληρωματικά Χρώματα

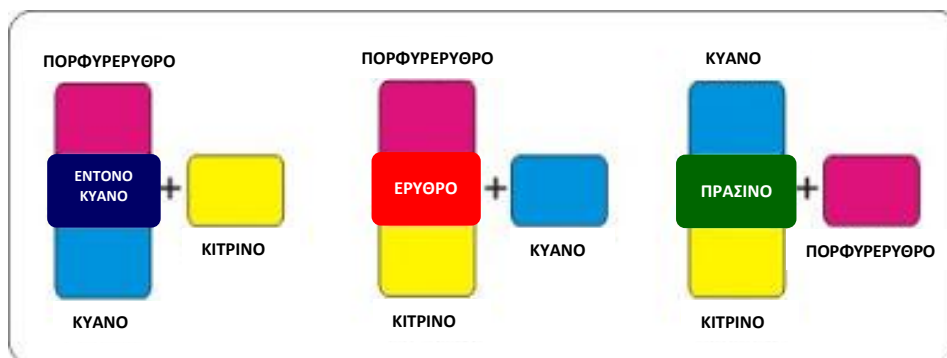
Τα συμπληρωματικά χρώματα βρίσκονται στις ακριβώς απέναντι θέσεις πάνω στο χρωματικό κύκλο. Αποτελούν ζευγάρια στα οποία ανήκουν συνήθως ένα πρωτεύον και ένα δευτερεύον χρώμα ή οι τονικές τους αποκλίσεις. Γενικά τα συμπληρωματικά ζευγάρια μοιράζονται χρώματα που δεν έχουν κάτι κοινό μεταξύ τους και για το λόγο αυτό δημιουργούν ισχυρές αντιθέσεις. Το σύνολο των χρωμάτων από τα οποία δημιουργείται κάθε ζευγάρι συμπληρωματικών παραπέμπει πάντα στα τρία πρωτεύοντα (ερυθρό, κίτρινο, κυανό). Για παράδειγμα το συμπληρωματικό του ερυθρού είναι το πράσινο το οποίο φτιάχνεται από τη μίξη του κυανού και του κίτρινου.



Εικόνα 3.11 Συμπληρωματικά χρώματα

Η θεωρία των συμπληρωματικών χρωμάτων μπορεί να περιγραφεί ως εξής: όταν δυο βασικά χρώματα (πορφυρέρυθρο και κυανό) αναμειχθούν, τότε δημιουργούν ένα δευτερογενές χρώμα (το έντονο κυανό) του οποίου το συμπληρωματικό είναι το βασικό χρώμα που δεν συμπεριλήφθηκε στην παραπάνω μίξη (κίτρινο) [9, 19]. Τα συμπληρωματικά χρωστικά χρώματα είναι:

- Το έντονο κυανό είναι συμπληρωματικό του κίτρινου,
- Το ερυθρό είναι συμπληρωματικό του κυανού,
- Το πράσινο είναι συμπληρωματικό του πορφυρέρυθρου και αντίστροφα.



Εικόνα 3.12 Συνδυασμοί συμπληρωματικών χρωμάτων

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα συμπληρωματικά χρώματα είναι πάντα αντίθετα μεταξύ τους σε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς (το σκοτεινό κυανό είναι συμπληρωματικό του κίτρινου και αντίστροφα, το ερυθρό είναι συμπληρωματικό του κυανού., κ.ο.κ.).

Τα συμπληρωματικά έχουν πολύ λίγα κοινά σημεία. Και για έναν καλλιτέχνη αυτό σημαίνει ότι του δίνεται η ευκαιρία να δημιουργήσει εκπληκτικές αντιθέσεις, να δημιουργήσει εξαιρετικά φωτεινές σκιές ή έντονο υπόβαθρο.

Επίσης, του δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει μια κλίμακα από «σπασμένα» χρώματα, που θα την επιτύχει με την ανάμιξη άνισων ποσοτήτων συμπληρωματικών χρωμάτων και λευκού.

### 3.2.8 Αναλογικά Χρώματα

Τα αναλογικά χρώματα βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο πάνω στο χρωματικό κύκλο. Τα χρώματα αυτά έχουν στενή σχέση μεταξύ τους διότι το κάθε ένα δημιουργείται από την μίξη του προηγούμενου με το επόμενο. Για παράδειγμα όλα τα χρώματα μεταξύ του κυανού και του πράσινου περιέχουν και τα δύο αυτά χρώματα στη σύστασή τους, αλλά σε διαφορετικά ποσοστά. Το ερυθρό, το πορτοκαλί και το κίτρινο είναι αναλογικά επειδή το ερυθρό και το κίτρινο φτιάχνουν το πορτοκαλί.

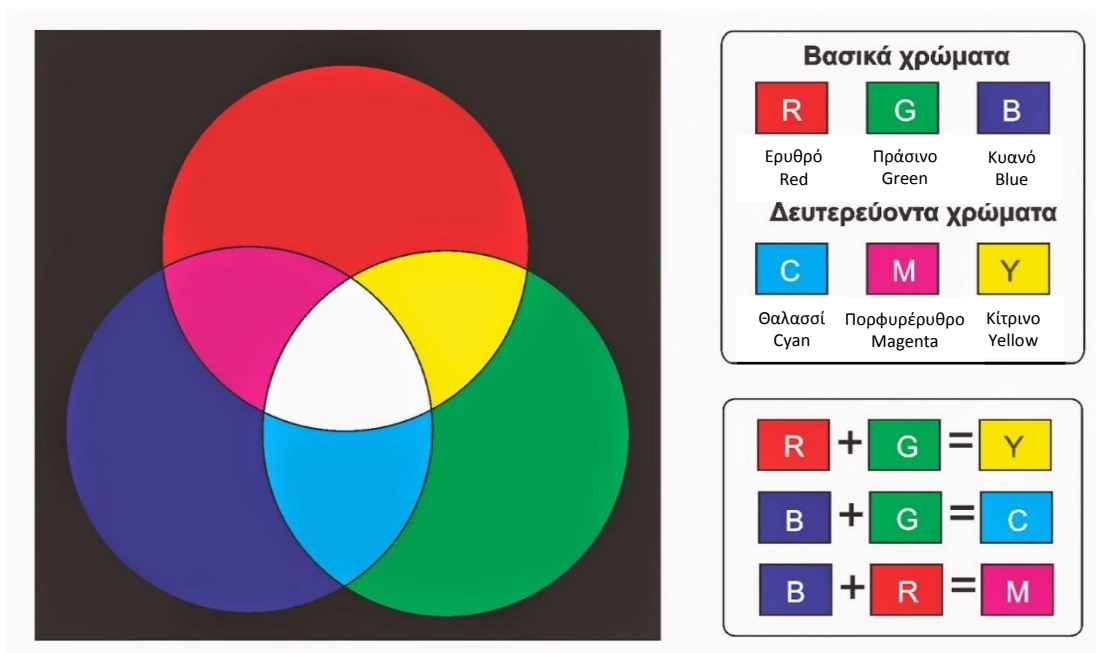
Όταν ένα χρώμα αποκτά την απόχρωση ενός άλλου χρώματος αποκτά και κάποια από τα χαρακτηριστικά του, γίνεται δηλαδή συγγενικό με το άλλο χρώμα. Όταν η απόχρωση πλησιάζει πολύ το άλλο χρώμα η συγγένεια μεγαλώνει και η παράθεση των δύο χρωμάτων μας δίνει ένα σύνολο ευχάριστο, ήσυχο και αρμονικό.



**Εικόνα 3.13** Αναλογικά χρώματα

### 3.2.9 Προσθετικά Χρώματα (Additive colors)

Στην περίπτωση των προσθετικών χρωμάτων αναφερόμαστε σε χρώματα που παράγονται από δέσμες φωτός. Τα βασικά χρώματα σε αυτήν την κατηγορία είναι το ερυθρό, το πράσινο και το κυανό. Όταν τα χρώματα αυτά αναμειχθούν και προβληθούν σε μια σκοτεινή επιφάνεια παράγουν λευκό φως. Με τη λογική των προσθετικών χρωμάτων εφαρμόζεται στην οθόνη του υπολογιστή τύπου CRT, η οποία λειτουργεί με δέσμες φωτός και υποστηρίζει τη χρωματική παλέτα RGB.



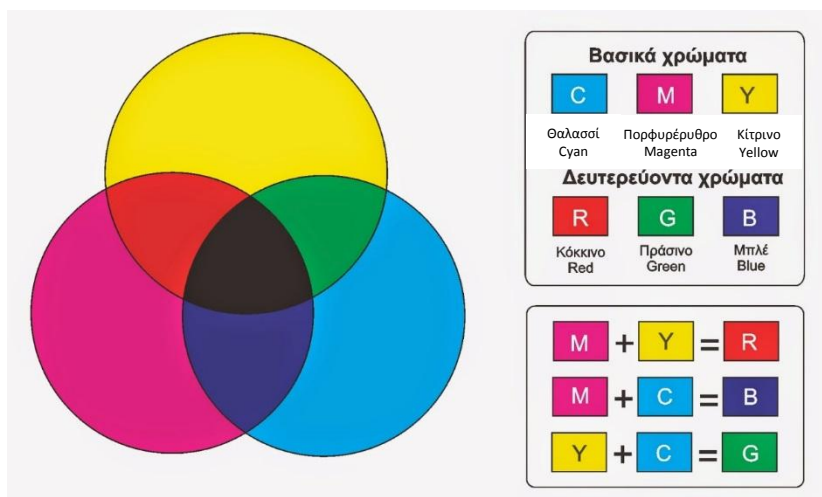
Εικόνα 3.14 Προσθετικά χρώματα (additive colors)

### 3.2.10 Αφαιρετικά χρώματα (subtractive colors)

Η θεωρία των αφαιρετικών χρωμάτων είχε πλήρη πρακτική εφαρμογή στη δημιουργία χρωμάτων που παράγονται από την χημική πρόσμιξη χρωστικών ουσιών. Τα χρώματα αυτά έχουν δύο εφαρμογές:

- Η πρώτη εφαρμογή είναι στη ζωγραφική. Όπου οι καλλιτέχνες χρησιμοποιούν χρώματα όπως έλαια, νεροχρώματα, ακρυλικά κ.λπ. τα οποία έχουν τρεις βασικές αποχρώσεις: ερυθρή, κίτρινη και κυανή.
- Η δεύτερη εφαρμογή είναι στα μελάνια των εκτυπωτών. Στην περίπτωση αυτή τα τυπογραφία για την εκτύπωση των εντύπων χρησιμοποιούν ειδικά μελάνια που παράγονται από τα βασικά χρώματα θαλασσί, πορφυρέυθρο και κίτρινο.

Σε κάθε μια από τις δύο εφαρμογές από τη μίξη των βασικών χρωμάτων προκύπτουν όλες οι υπόλοιπες αποχρώσεις. Επιπλέον, η μίξη και των τριών βασικών χρωμάτων παράγει το μαύρο χρώμα.



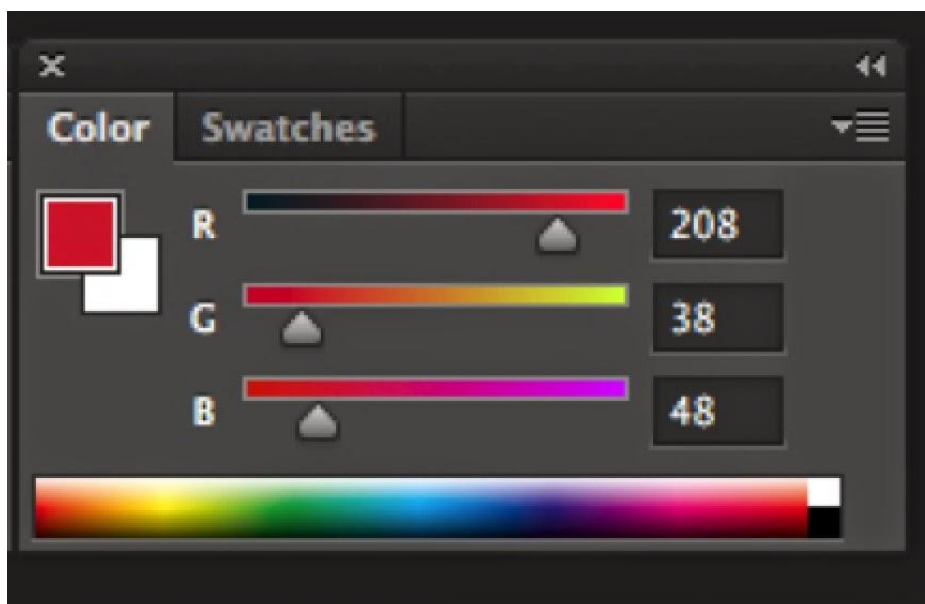
Εικόνα 3.15 Αφαιρετικά χρώματα (subtractive colors)

### 3.3 Χρωματικά Μοντέλα

Τα διάφορα χρωματικά μοντέλα έχουν αναπτυχθεί για να γίνει δυνατή η περιγραφή των χρωμάτων με μαθηματική μορφή, κατάλληλη για την επεξεργασία τους από ψηφιακά μέσα. Έτσι κάθε εικόνα αναλύεται σε εικονοστοιχεία (pixels), καθένα από τα οποία είναι χρωματικά ομοιογενές [19].

#### 3.3.1 RGB

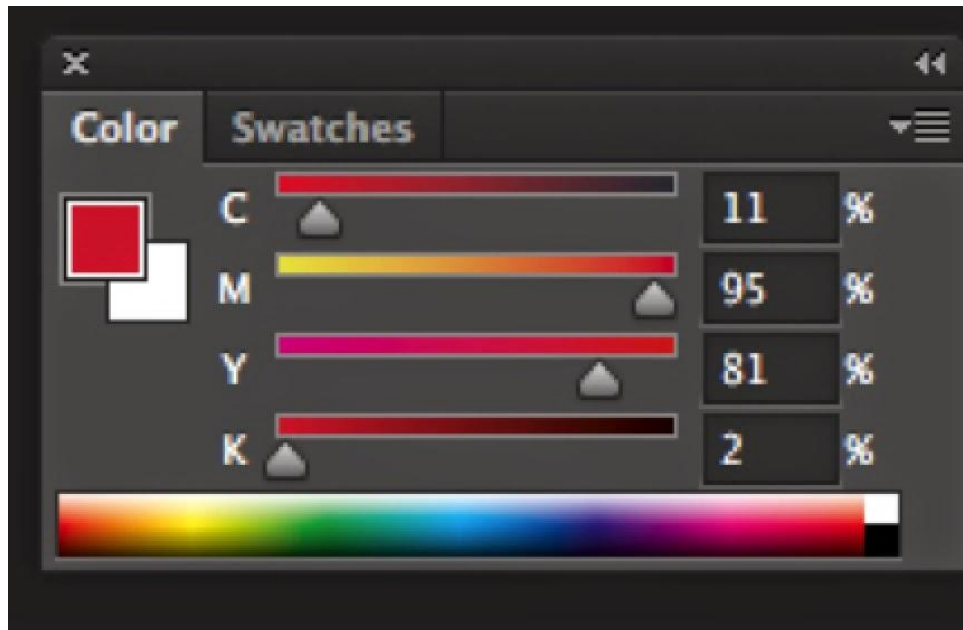
Το χρωματικό μοντέλο (χρωματική παλέτα) RGB περιέχει τα χρώματα που δημιουργούνται από το συνδυασμό των τριών χρωμάτων ερυθρό, πράσινο και κυανό. Κάθε χρώμα αντιπροσωπεύεται από τρεις ακέραιους αριθμούς. Κάθε ένας αντιστοιχεί σε ένα από τα τρία βασικά χρώματα. Οι αριθμοί αυτοί μπορεί να έχουν μια τιμή από 0 έως 255. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν 16.777.216 (256\*256\*256) RGB χρώματα. Κάθε pixel των οθονών LCD προβάλλει τα χρώματα ανάλογα με τις τιμές που έχουν.



Εικόνα 3.16 Χρωματικό μοντέλο RGB

### 3.3.2 CMYK

Το μοντέλο χρωμάτων CMYK χρησιμοποιείται στην τυπογραφία. Η ονομασία του προέρχεται από τις λέξεις Cyan (θαλασσί), Magenta (πορφυρένυθρο), Yellow (κίτρινο), και Black (μαύρο) τα οποία είναι και τα βασικά χρώματα μέσω των οποίων δημιουργούνται τα υπόλοιπα χρώματα και αποχρώσεις. Κάθε χρώμα δημιουργείται από τέσσερα ποσοστά (%) των αντίστοιχων βασικών χρωμάτων. Η εκτύπωση των χρωμάτων αυτή βασίζεται στη δημιουργία κουκίδων (raster).



Εικόνα 3.17 Το μοντέλο χρωμάτων CMYK

### 3.4 Χρωματικοί Συνδυασμοί



Η θεωρία του χρώματος είναι ένα σύνολο κανόνων βάσει των οποίων δημιουργούνται οι αρμονικοί συνδυασμοί των χρωμάτων. Σύμφωνα λοιπόν, με μια γενικότερη άποψη οι αρμονικοί χρωματικοί συνδυασμοί στηρίζονται στο νόμο της ομοιότητας και της αντίθεσης και δημιουργούνται ανάμεσα σε:

- Δύο χρώματα, όταν αυτά είναι σε αντίθετες θέσεις πάνω στο χρωματικό κύκλο,
- Τρία χρώματα, όταν αυτά βρίσκονται στις κορυφές ενός ισόπλευρου τριγώνου που δημιουργείται πάνω στο χρωματικό κύκλο,

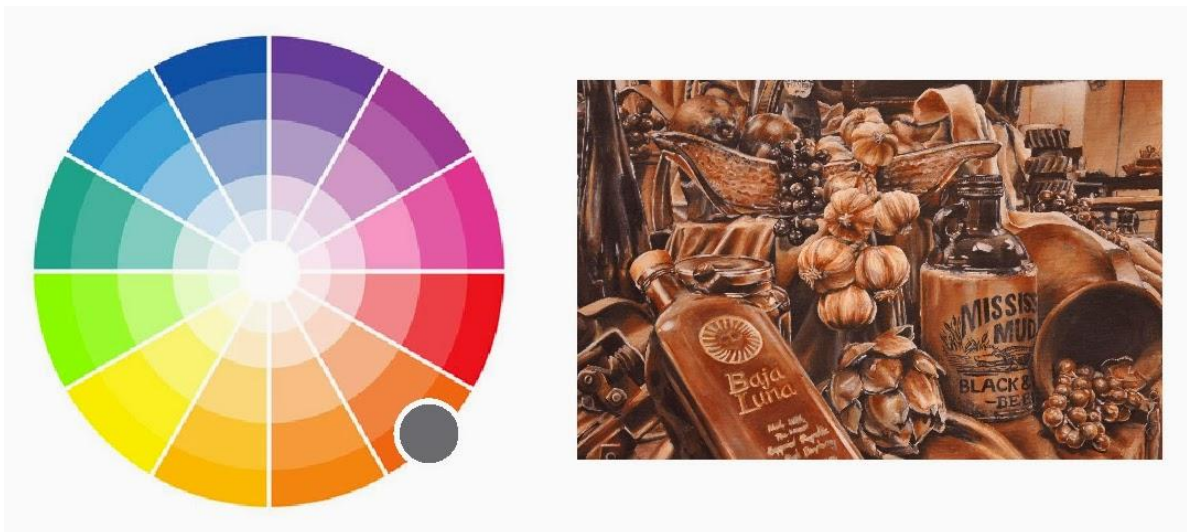


- Τέσσερα χρώματα, όταν αυτά βρίσκονται στις κορυφές ενός τετραγώνου που δημιουργείται πάνω στο χρωματικό κύκλο. Στην ουσία πρόκειται για δύο χρώματα και τα αντίστοιχα χρώματα στις αντίθετες θέσεις.

Οι ομάδες δύο ή περισσότερων χρωμάτων που προκύπτουν από τον χρωματικό κύκλο και έχουν μια συγκεκριμένη σχέση μεταξύ τους ονομάζονται χρωματικές αρμονίες ή χρωματικά σχήματα. Τα σχήματα αυτά παραμένουν αρμονικά ανεξάρτητα από τη γωνία περιστροφής τους πάνω στον χρωματικό κύκλο [47-51].

### 3.4.1 Μονοχρωματικό Σχήμα

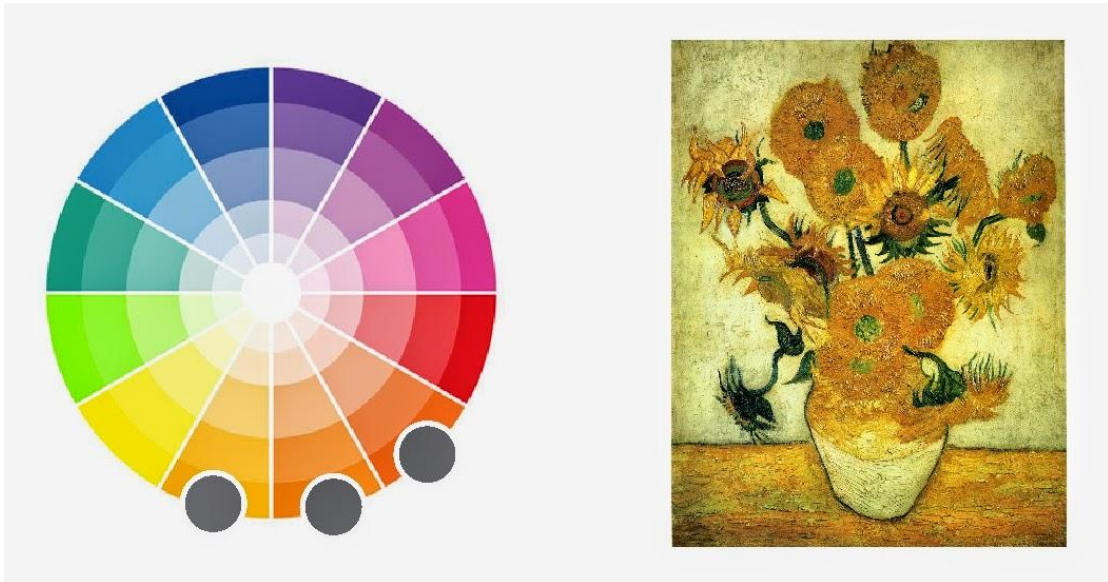
Το μονοχρωματικό σχήμα χρησιμοποιεί παραλλαγές στη φωτεινότητα και στον κορεσμό (*saturation*) ενός μόνο χρώματος. Το σχήμα αυτό φαίνεται ξεκάθαρο και καλαίσθητο. Οι μονοχρωματικοί συνδυασμοί δημιουργούν ένα κατευναστικό αισθητικό αποτέλεσμα και είναι εύκολοι στην ανάγνωσή τους ειδικά στις αποχρώσεις του κυανού και του πράσινου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σχήμα αυτό για να αποδοθεί μια συνολική μονοχρωματική άποψη. Στην περίπτωση αυτή ανήκουν οι ασπρόμαυρες εικόνες.



**Εικόνα 3.18** Μονοχρωματικό σχήμα

### 3.4.2 Αναλογικό Σχήμα

Το αναλογικό χρωματικό σχήμα χρησιμοποιεί χρώματα τα οποία είναι γειτονικά πάνω στον χρωματικό κύκλο. Το ένα από τα δύο χρώματα πάντα κυριαρχεί, ενώ το δεύτερο λειτουργεί συνήθως ενισχυτικά. Το αναλογικό σχήμα μοιάζει με το μονοχρωματικό αλλά προσφέρει περισσότερες αποχρώσεις.



**Εικόνα 3.19** Αναλογικό σχήμα

### 3.4.3 Συμπληρωματικό Σχήμα

Το συμπληρωματικό σχήμα χρησιμοποιεί δύο χρώματα τα οποία βρίσκονται σε αντίθετες θέσεις πάνω στον χρωματικό κύκλο. Το σχήμα αυτό ενδείκνυται σε περιπτώσεις που γίνεται χρήση θερμών και ψυχρών χρωμάτων. Ένα παράδειγμα αποτελεί το ερυθρό με κυανό. Με τη χρήση του συγκεκριμένου σχήματος παράγονται ισχυρές αντιθέσεις.



**Εικόνα 3.20** Συμπληρωματικό σχήμα

### 3.4.4 Αναλογικό και Συμπληρωματικό Χρωματικό Σχήμα

Το αναλογικό και συμπληρωματικό χρωματικό σχήμα είναι η μίξη των δύο παραπάνω σχημάτων. Το σχήμα αυτό χρησιμοποιεί δύο χρώματα τα οποία βρίσκονται σε αντίθετες θέσεις πάνω στον χρωματικό κύκλο και για το κάθε ένα από αυτά τις γειτονικές του αποχρώσεις. Η χρήση αυτού του σχήματος δίνει ήπιες χρωματικές αντιθέσεις.

### 3.4.5 Τριαδικό Χρωματικό Σχήμα

Το τριαδικό χρωματικό σχήμα χρησιμοποιεί τρία χρώματα τα οποία τοποθετούνται στις κορυφές ενός ισόπλευρου τριγώνου. Αυτό το σχήμα είναι το πιο δημοφιλές διότι προσφέρει ισχυρή οπτική αντίθεση ενώ διατηρεί την αρμονία και την πλούσια χρωματική κλίμακα. Το τριαδικό σχήμα δε δημιουργεί τόσο μεγάλη αντίθεση όσο το συμπληρωματικό σχήμα αλλά φαίνεται πιο ισορροπημένο και αρμονικό.



Εικόνα 3.21 Τριαδικό χρωματικό σχήμα

### 3.4.6 Διαιρεμένα Δευτερεύοντα

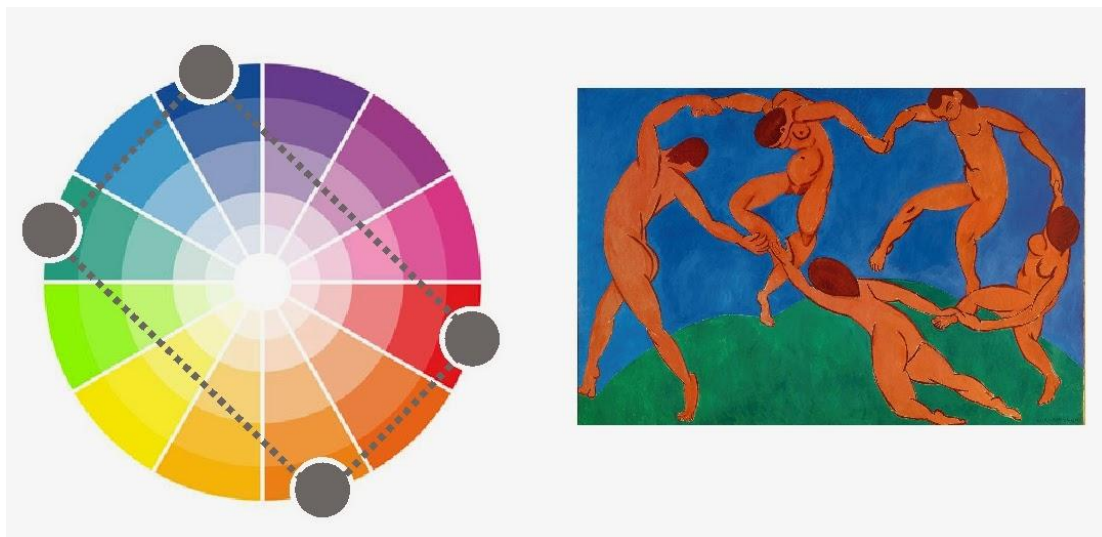
Το διαιρεμένο δευτερεύον σχήμα είναι μια διαφοροποίηση του τριαδικού σχήματος. Στο χρώμα που θεωρείται βασικό, έρχονται να προστεθούν τα δύο αναλογικά του συμπληρωματικού του. Έχει υψηλό βαθμό αντίθεσης και επιτρέπει την αρμονία.



Εικόνα 3.22 Διαιρεμένα δευτερεύοντα

### 3.4.7 Διπλό Συμπληρωματικό Σχήμα (Τετραδικό)

Το διπλό συμπληρωματικό σχήμα (τετραδικό) διαθέτει τη μεγαλύτερη ποικιλία αποχρώσεων επειδή χρησιμοποιεί δύο ζευγάρια συμπληρωματικών χρωμάτων. Στην περίπτωση αυτή για να δημιουργηθεί η χρωματική αρμονία πρέπει ένα από τα χρώματα να υπερισχύει και τα υπόλοιπα να λειτουργούν βοηθητικά. Στην αντίθετη περίπτωση η χρωματική αρμονία δεν ισχύει, αν και οι τέσσερις αποχρώσεις χρησιμοποιούνται στην ίδια δύναμη.



Εικόνα 3.23 Διπλό συμπληρωματικό σχήμα (τετραδικό)

### 3.4.8 Τετράγωνο

Το τετράγωνο σχήμα αποτελείται από τέσσερα χρώματα που βρίσκονται σε ίσες αποστάσεις πάνω στον χρωματικό κύκλο. Αυτό το σχήμα προσφέρει πλήθος πιθανών χρωματικών συνδυασμών. Στην περίπτωση αυτή για να δημιουργηθεί η χρωματική αρμονία πρέπει ένα από τα χρώματα να είναι κυρίαρχο, ένα εμφατικό και τα υπόλοιπα να λειτουργούν επικουρικά. Στην αντίθετη περίπτωση η χρωματική αρμονία δεν ισχύει, αν και οι τέσσερις αποχρώσεις χρησιμοποιούνται στην ίδια δύναμη.



Εικόνα 3.24 Τετράγωνο σχήμα

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. <http://www.colour-affects.co.uk/history-of-colour>
2. [http://www.colourtherapyhealing.com/colour/colour\\_history.php](http://www.colourtherapyhealing.com/colour/colour_history.php)
3. Patel S. S., *Purple Reign - How ancient Chinese chemists added color to the Emperor's army*, (<http://www.archaeology.org>).
4. <http://humantouchofchemistry.com/tyrian-purple-the-colour-of-kings.htm>
5. <http://www.theguardian.com/lifeandstyle/2015/mar/12/the-invention-of-the-colour-purple>
6. <https://web.stanford.edu/dept/archaeology/cgi-bin/TAG/drupal/?q=content/the-color-things-debating-role-and-future-color-archaeology>
7. Αριστοτέλης, *Περί χρωμάτων και περί τα ζώα ιστορίες*, εκδόσεις Κάκτος, Αθήνα, 1994.
8. [http://www.mikrosapoplous.gr/aristotle/mf/peri\\_aisthisews\\_m.htm](http://www.mikrosapoplous.gr/aristotle/mf/peri_aisthisews_m.htm)
9. Πάντος Θ., *Το χρώμα, σύλληψη, αντίληψη, αίσθηση, πρακτική*, Εκδόσεις Κάλβος, Αθήνα, 1990.
10. <http://www.tovima.gr/science/article/?aid=370181>
11. <https://iffe.files.wordpress.com/2008/07/newton3.pdf>
12. <https://psaroudakis.wordpress.com/2012/01/05/νεύτωνας>
13. <http://www.newtonproject.sussex.ac.uk/prism.php?id=47>
14. University of Cambridge, digital library (2011-2013), <http://cudl.lib.cam.ac.uk/collections/newton#2>
15. <http://www.britannica.com/biography/Thomas-Young>
16. <http://www.thestargarden.co.uk/Newtons-theory-of-light.html>
17. Longair M. S., *Maxwell and the science of colour*, Philosophical Transactions of The Royal Society A, Mathematical, Physiacal and Engineering Sciences, Theme Issue 'James Clerk Maxwell 150 years on', May 2008, Volume: 366 Issue: 1871 (<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/366/1871/1685>).
18. <https://lascapigliata.wordpress.com/2013/09/12/η-θεωρία-των-χρωμάτων-του-γκαίτε>
19. Τόσκα Θ. Φ., *Αρχιτεκτονικό χρώμα, Θεωρία και σχεδιασμός*, Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε, Θεσσαλονίκη, 1989.
20. <http://www.worqx.com/color/itten.htm>
21. Καμπάνης Σ. Μ., *Χημεία Χρωμάτων*, Ένωση Ελλήνων Χημικών (ΕΕΧ), Τμήμα Χρωμάτων, Αθήνα, 2007.

22. Bentley J. and Turner G. P. A., *“Introduction to Paint Chemistry and principles of paint Technology”*, 4th edition, Chapman & Hall, London, UK, 1998.
23. ΟΔΗΓΙΑ 2004/42/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 21ης Απριλίου 2004 για τον περιορισμό των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων που οφείλονται στη χρήση οργανικών διαλυτών σε χρώματα διακόσμησης και βερνίκια και σε προϊόντα φανοποιίας αυτοκινήτων και για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/13/ΕΚ.
24. ΦΕΚ, ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ (Β), Αρ. Φύλλου 1641, 8 Νοεμβρίου 2006.
25. ΦΕΚ, ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ (Β), Αρ. Φύλλου 1583 9 Μαΐου 2012.
26. ΦΕΚ, ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ (Β), Αρ. Φύλλου 1450 14 Ιουνίου 2013.
27. Woodbridge R., *“Chapter 3: Raw Materials”*, in: *“Principles of Paint Formulation”*, edited by R. Woodbridge, Blackie & Sons Limited, Glasgow and London, (1991), pp.38-67.
28. Woodbridge R., *“Chapter 2: Establishing a structured development programme”*, in: *“Principles of Paint Formulation”*, edited by R. Woodbridge, Blackie & Sons Limited, Glasgow and London, (1991), pp.22-37.
29. Woodbridge R., *“Chapter 1: Getting the basics right”*, in: *“Principles of Paint Formulation”*, edited by R. Woodbridge, Blackie & Sons Limited, Glasgow and London, (1991), pp.1-21.
30. ISO 4618, *Paints and varnishes — Terms and definitions*, International Organization for Standardization, First edition, Genève, Switzerland, 15-10-2006.
31. Woodbridge R., *“Chapter 8: Selection of test methods”*, in: *“Principles of Paint Formulation”*, edited by R. Woodbridge, Blackie & Sons Limited, Glasgow and London, (1991), pp.202-218.
32. Sward G. G. editor, *Paint Testing Manual*, 14<sup>th</sup> edition, American Society for Testing and Materials, 1995.
33. Stieg F., *“Chapter 4: Volume relationships”*, in: *“Principles of Paint Formulation”*, edited by R. Woodbridge, Blackie & Sons Limited, Glasgow and London, (1991), pp.38-67.
34. Lewis P. A., *Pigment Handbook Vol.1: Properties and Economics*, 2nd edition, Wiley-Interscience, New York, (1988).
35. Tank G. F., *Industrial Paint Finishing Techniques and Processes*, Ellis Horwood, London, 1991.
36. Berg I., *“Chapter 7: Design for bulk manufacture”*, in: *“Principles of Paint Formulation”*, edited by R. Woodbridge, Blackie & Sons Limited, Glasgow and London, (1991), pp.159-201.

37. ASTM D 2196 – 99, *Standard Test Methods for Rheological Properties of Non-Newtonian Materials by Rotational (Brookfield type) Viscometer*, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, West Conshohocken, PA, USA.
38. ASTM D 1200 – 94 (Reapproved 2005), *Standard Test Method for Viscosity by Ford Viscosity Cup*, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, West Conshohocken, PA, USA.
39. ASTM D 562 – 10, *Standard Test Method for Consistency of Paints Measuring Krebs Unit (KU) Viscosity Using a Stormer-Type Viscometer*, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, West Conshohocken, PA, USA.
40. <http://www.brookfieldengineering.com/products/viscometers/laboratory-ku-1.asp>
41. ISO 1524:2010, *Paints, varnishes and printing inks - Determination of fineness of grind*, International Organization for Standardization, Genève, Switzerland, 01-07-2000.
42. <http://atlas-mts.com/products/product-detail/pid/223/>
43. ISO 2813:1994, Technical Corrigendum, *Paints and varnishes – Determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20°, 60° and 85°*, International Organization for Standardization, Genève, Switzerland, 15-02-1997.
44. ASTM E 313 – 05, *Standard Practice for Calculating Yellowness and Whiteness Indices from Instrumentally Measured Color Coordinates*, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, West Conshohocken, PA, USA.
45. Rigg B., “*Colorimetry and the CIE system*”, in: *Colour Physics for Industry*, 2<sup>nd</sup> edn. (R. McDonald ed.), Society of Dyers and Colourists, Bradford, (1995), pp.81-120.
46. Κονταξάκης Γ., *Χρωματική Θεωρία και Πρακτική Ι, Συσχετισμός Συνεπίπεδων Χρωμάτων*, Έκδοση Δεύτερη, Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε., Αθήνα, 1999.
47. Τσιμπούρης Η. (Εκδότης Ελληνικής Έκδοσης), *Η αρμονία των χρωμάτων*, STUDIO BOOKS, Αθήνα, 2001.
48. Thames & Hudson Ltd, *Understanding Colour at Home*, B@Q plc, 2004.
49. Sanderson A., editor, *The New Colour Book, Featuring Dulux*, Mitchell Beazley an imprint of Octopus Publishing Group, London, UK, 2004.
50. Schleifer S. and Santos Quartino D., editors, *500 Color Ideas for Small Spaces*, Taschen GmbH, 2007.
51. Chiazzari S., *Color your Home: more than 65.000 at-a-glance room combinations*, Axis Publishing Ltd., 2005.