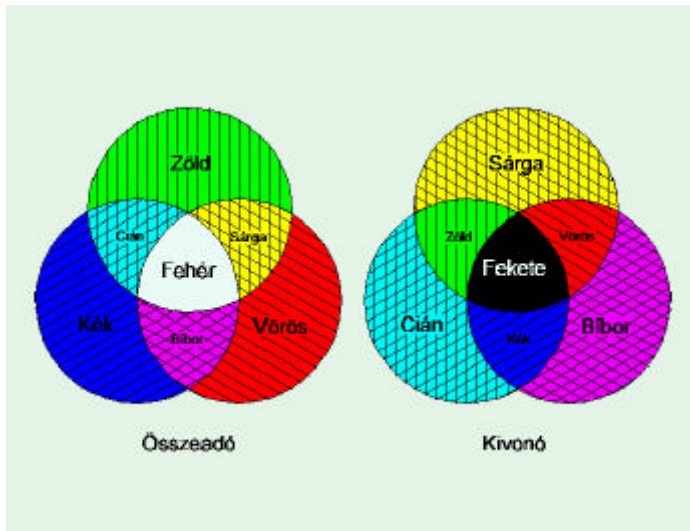


## 1.5 fejezet.

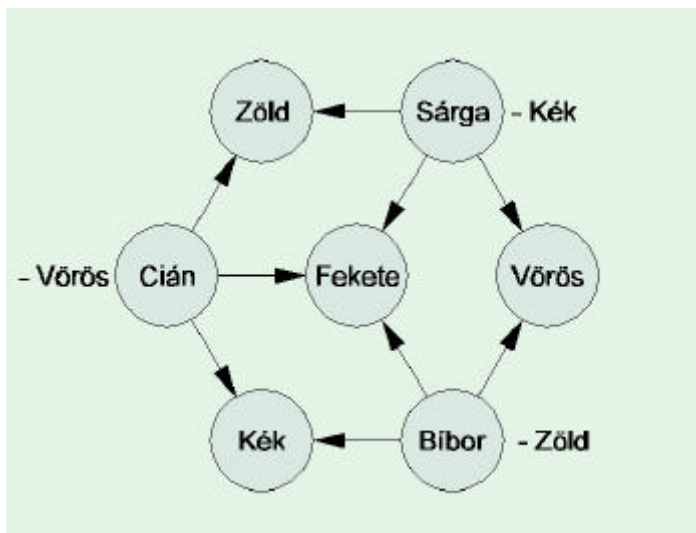
# CMY színrendszerek

A fény többféle hullámhosszúságú energiából áll, amelyeknek egyrészt az anyagok elnyelik, másik részét visszaverik, illetve átengedik. Ha az anyagot fehér fényvel világítjuk meg, a visszaveredo vagy átengedett fényben a hiányzó domináns szín komplementer párja lesz a domináns. Az RGB vörös, zöld és kék komplementer párja a zöldeskék vagy cián (*cyan*), a bíbor (*magenta*) és a sárga (*yellow*). A fehér fénybol (vörös + zöld + kék) a cián kivonja a komplementer vöröst, az eredmény kék - és - zöld, azaz zöldeskék. A bíbor kivonja a komplementer zöldet, az eredmény vörös - és - kék, azaz bíbor. A sárga kivonja a komplementer kéket, az eredmény vörös - és - zöld, azaz sárga. Egymással összevetve az RGB és a CMY színkeverést szokták nevezni emissziós, összeadó - additív, és remissziós, kivonó - szubsztraktív színkeverésnek is.



1. sz. ábra. Összeadó és kivonó színkeverés

A CMY színeket a nyomtatáshoz használják, mert a vörös és zöld kivonó keverékével sárga nem állítható elő. Ha a hordozó felület fehér, a CMY színekkel a teljes spektrum kikeverhető. A cián, a sárga és fehér különböző arányú keveréke zöld árnyalatokat eredményez, a cián, a bíbor és a fehér keverékei kékeket, a bíbor, a sárga és fehér keverékei vöröset. A CMY alapszínekkel a fehér nem állítható elő, csak fekete, mert a zöldeskék, bíbor és a sárga kivonja a komplementer vöröset, zöldet és a kéket, s az eredmény fekete.



2. sz. ábra. CMY színrendszer. A nyilak a két szín keverékét jelölik. Például a bíbor és a sárga keverékszíne a vörös.

A CMY színrendszer annyiban különbözik az RGB-tól, hogy a Decartes féle koordinátarendszerben a színek felcserélődnek, a CMY értékek az RGB értékek inverzei. A koordináta origóban a fekete található, és a három alapszín a cián (zöldeskék), bíbor és a sárga található a tengelyeken. Az RGB – CMY oda-vissza konverzió egyenletei a következők:

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix}$$

Sárga ( <i>Yellow</i> )	0 -1	0 – 255
Kékeszöld ( <i>Cyan</i> )	0 -1	0 – 255
Bíbor ( <i>Magenta</i> )	0 -1	0 – 255

	R	G	B
Fekete (Black)	0	0	0
Vörös (Red)	1	0	0
Sárga (Yellow)	1	1	0
Zöld (Green)	0	1	0
Kékeszöld (Cyan)	0	1	1
Kék (Blue)	0	0	1
Bíbor (Magenta)	1	0	1
Fehér (White)	1	1	1

**CMYK Color Model** A nyomtatásnál használt CMY színrendszer a fehéren kívül további köztes színekkel egészülhet ki, de mindenekelőtt a feketével. A három kivonó alapszín ugyanis csak elvben eredményez feketét, a gyakorlatban csak sötétbarnát. Fekete festékkel a mély színek intenzitása növelhető. Az elnevezésben a feketét **K** mint kulcsszín (*Key*) jelöli. Hozzáadott fekete esetén az alapszínek mennyiségét arányosan csökkenteni kell. Az eljárás elnevezése alsószín eltávolítás, - **Undercolor Removal**, amely a CMY színek és a hozzáadott **K** fekete viszonyát a következőképpen határozza meg:

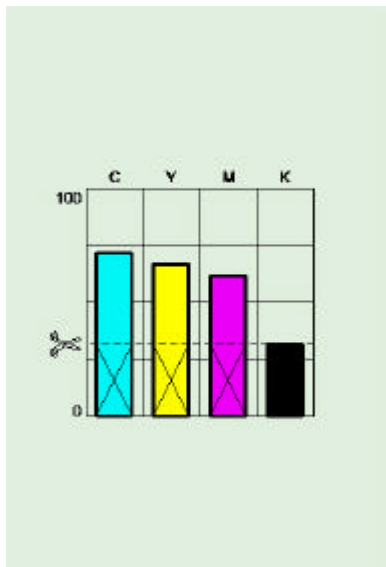
$$K := \min(C, M, Y)$$

$$C := C - K$$

$$M := M - K$$

$$Y := Y - K$$

Eszerint a hozzáadott fekete **K** értéke nem lehet több mint a három alapszín közül a legalacsonyabb. Például (százalékban megadva) a CMY 70,60,50 szín fekete tartalma legfeljebb 50 lehet, és mondjuk **K** = 30 hozzáadott feketével a CMYK 40,30,20,30 színnel lesz azonos. A CMYK színrendszerben a **K** érték nyilvántartása elkülönül, a legtöbb pixeles adatcsere fileformátum a fekete tartalmat nem jegyzi, - a TIFF kivétel.



3. sz. ábra. **UnderColor Removal**. alsószín-eltávolítás

A CMY illetve CMYK színek voltaképpen emissziós RGB foszforszínek, amelyekhez képest a nyomtatók remissziós festékeivel a lényegesen szűkebb színterjedelem (gamut) realizálható. Az élénk színeket tekintve a legnagyobb deficit a telített kékeknél mutatkozik, amelyeket a cián és bíbor színek keveréke a hozzáadott feketével is csak tompán képes megjeleníteni. A sárga és bíbor keverékei a vöröset jól adják vissza, a sárga és a zöldessárga színekben a minőségi nyomtatók jobbak, mint a képernyők. Ezzel szemben a világosság dinamika lényegesen szűkebb. A legjobb fehér papír fényvisszaverőképessége is lényegesen rosszabb, mint a CRT megjelenítőkön az RGB színhármassal elérhető fehérség. A világosság fokozatok száma a nyomatoknál ott végződik, ahol a képernyőn elkezdődik. Ennek következtében a pasztelszínek hamar elfognak, a sötét tónusok hamar elfeketednek.

A képernyő és a nyomtató illesztése tehát a színek (és a világosság lépcsők) átosztását teszi szükségessé. Az átosztás eredménye a nyomtatási technikához illetve nyomtatóhoz kialakított nyomtatási profil vagy stílus. A mértékadó színeket a CIELUV és CIELAB szolgáltatja, a mértékadó fényvisszaverődési értékeket egy ideális (nem létező) nyomat illetve hordozófelület egyezményes optikai tulajdonságai adják. Ebben a folyamatban a CMY-CMYK nem játszik szerepet, s a szűkített színter a képernyőn megjeleníthető indexált RGB-vel és CMY/CMYK konverzióval egyaránt. A nem nyomtatható színek kitakarhatók jelzőszínnel, ez a gamut figyelmeztetés (*gamut warning*), és átoszthatók a képernyőszínektől függetlenül, csak a nyomtatásban. A nyomtatási beállításokról részletesen lásd az ICC Color Profile fejezetet.

## Halftone

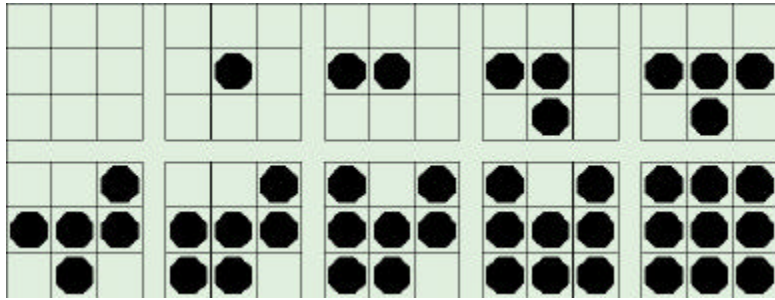
A nyomtatók között ritka az olyan, amely a kivonó színkeveréshez átlátszó (lazuros) festéket vagy ho hatására összeolvadó viaszfestéket használna. A többség fedőfestékkel működik, amelyet a fehér papíron elkülönülő festékpontok formájában helyez el. A szem  $\frac{1}{2}$  szögpercre korlátozott felbontása következtében a festékpontok bizonyos távolságról nézve összeolvadnak-összekeverednek.



4. sz. ábra. Dot Angle.

A fedőfestékes nyomtatásnak két technológiája alakult ki, aszerint, hogy a festékpont mérete változtatható vagy sem. A hagyományos nyomdagépek és egyes postcript nyomtatók változó méretű festékpontokkal dolgoznak. Ennél a technológiánál megválasztható a festékpont alakja is, mert az összeérintő festékpontok a folyamatos átmeneténél gradiációs szakadást idéznek elő. A szürkeárnyaltos (fekete-fehér) nyomtatásnál a kört vagy a négyzetet használják, mert ha a

festékpontok összeérnének, átfordíthatók negatívba. A színes nyomtatásnál az átfordítás nem alkalmazható, itt a méretnövelésre legalkalmasabb alak az elipszoid. Annak érdekében, hogy ne alakuljanak ki interferálódásra hajlamos összefüggő vonalak, az elipszoid festékpontok a színtől függő mértékben elfordulnak. A legfeltűnőbb vonal a vízszintes, a legkevésbé a harántirányú, ezért a sárga tengelye  $0^\circ$ -os, a fekete tengelye  $45^\circ$ -os. A bíbor és a cián tengelye - a feketéhez képest kb.  $30^\circ$ -al elfordulva –  $71.5651^\circ$  és  $18.4349^\circ$ . Az eltolva nyomtatott (*offset*) festékpontok miatt a pontforgatás a jellegzetes rozetta alakú raszteregységet eredményez, amely az óriásplakátokon szabad szemmel is látható. A postcript nyomtatóknál az elipszoid forgatási szöge külön is állítható (*Dot Angle*).



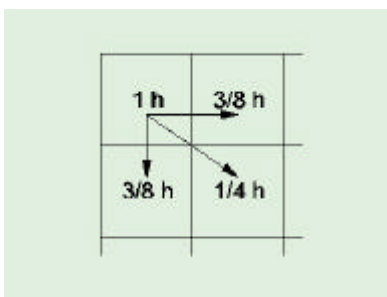
5. sz. ábra. **Halftone**. 3 x 3 ditéráló ráccsal 10 intenzitásszint érhető el ( $n^2+1$ ), de a féltónus eljáráshoz még kevés, mert a pontsorok interferálódhatnak.

A lézer- és tintasugaras nyomtatók többsége változó méretű festékpontot nem képesek előállítani, helyette négyzetrácsban elhelyezett festékpontokat ditérálják. Minőségij fekete-fehér nyomathoz legalább 8 x 8 rácspont szükséges, amellyel elvben 65 világosság fokozat érhető el ( $n^2+1$ ), és a pontvezénylo algoritmus (*dot ordered dither*) képes a következő szempontoknak megfelelni. A pontkiosztás egyenletesen növekvő sötétedést mutasson, elkerülendő a gradiációs szakadást. Ne alakuljanak ki összefüggő vonalak, mert az interferálódást eredményez. Végül a pontszám-növekedés belülről kifelé haladjon, mert a leszakadó pontok a szomszédos mátrixhoz csatlakozva fellazítják a kontúrt. A színes nyomtatáshoz legalább további 2x2-es pontmátrix szükséges, de a nyomtatófej fűvókaelrendezése miatt ez a többlet a felbontást, pontosabban a nyomtató léptetési távolságát már nem növeli. Eszerint egy 150 pont/inch felbontású színes nyomathoz  $150 \times 16/2 = 1200$  pont/inch felbontást tudó nyomtató szükséges. Ez a felbontás gyakorlatilag fotórealisztikus képminőséget jelent, amely a következő eljárásokkal tovább fokozható:

- **No Halftone** Fekete-fehér szöveg és vonalas rajz nyomtatásnál célszerű a féltónust kiiktatni, hiszen a ditérálás fellazítja a betukontúrt.

- **Fine Dithering** - finom ditérálás. Az eljárás a nevével ellentétben csökkenti a nyomtató felbontását. Annak érdekében, hogy a pixelszínek szándékoltan elkülönülő pontokból álljanak össze, a féltónus pontmátrixot visszaosztja önálló színintenzitású 2 x 2-es pontmátrixokra. Az eljárás élénk színu grafikonoknál használható, vagy ha a pixelképről erős nagyítású (távrolól nézendo) nyomat készül. Az ilyen nyomattal szemben ugyanis az a követelmény, hogy a színek legyenek folyamatosak, kiterjedésük legyen határozott és egyértelmű, a féltónus ditérálás viszont fellazítaná a kontúrokat.

- **Error Diffusion** - hibaterítés. Az eljárás a finom ditérálással ellentétben összekeveri a színeket. Pixelenként szándékolt hibát, azaz érzékelhető világosság különbséget keletkeztet, majd azt arányosan szétosztja a szomszédos pixelek között. Például a hiba  $3/8$ -ad része jobbra,  $3/8$ -ad része alá,  $1/4$ -e része jobbra-le kerül. A hibaterítés pixelről pixelre, sorról sorra halad, így a hibák a második sorban már kiegyenlítik egymást, s a kép összességében változatlan marad. Az eljárás elsősorban fényképek kinyomtatásához használható, esetleg renderelt felvételekhez is. Hátránya, hogy a kép szemcsézettsége a világos felületeken feltűnő. A hibaterítésen kívül számos ditéráló algoritmus ismert.



6. sz. ábra. **Error Diffusion**: hibaterítés.