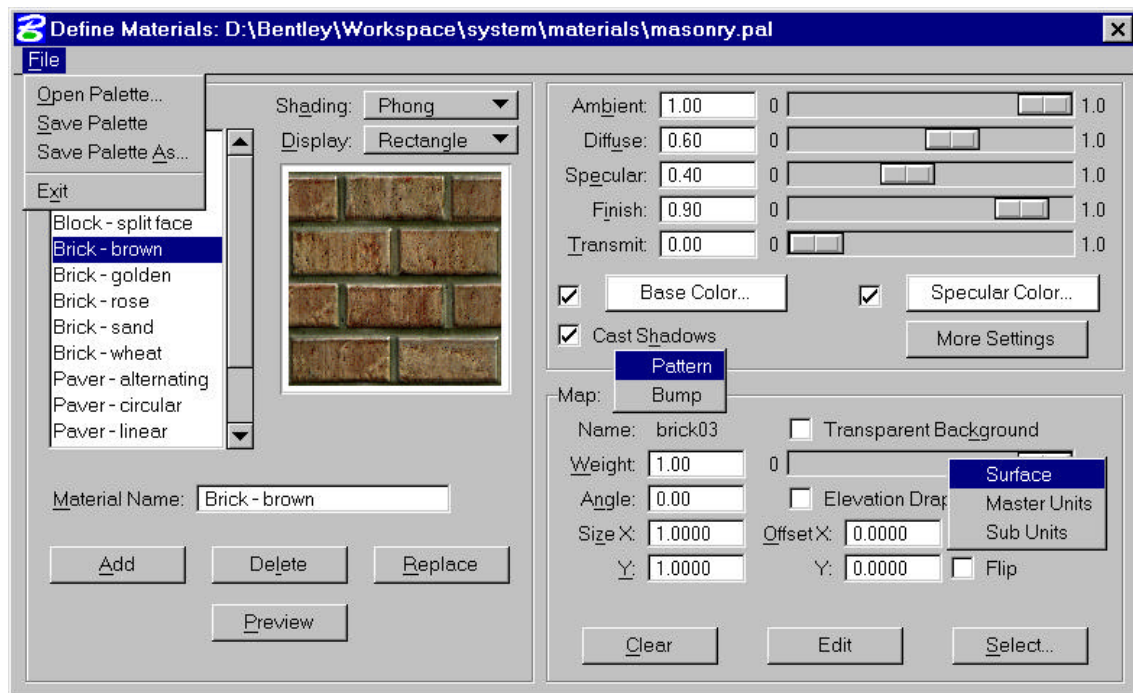


5/2 fejezet.

Define Materials



Ábra. **Define Materials** párbeszédablak. A **Map: Pattern | Bump** választókapcsolóval érhető el a textúra és bucka-képek beállításai. Az **Edit** nyomógomb, akkor elérhető, ha a kiválasztott textúra folyamatos (**Procedural Texture**).

A rajzelemekhez (felületekhez) rendelhető optikai tulajdonságok (*Material Attributes*) a következők:

- Fényvisszaverődési tulajdonságok. A modell térben elhelyezett fényforrások által kicsátott fényt a felületek átengedik, visszaverik (saját színük a megvilágítás függvényében érvényesül), vagy elnyelik (a visszaverődés csökkentett vagy nulla).
- Textúra leképzés. A felületek saját színét vetített kép (textúra, angol elnevezése **Pattern**) helyettesíti illetőleg kiegészíti.
- Bucka leképzés. A felületek domborzata a geometria módosítása nélkül módosítható.
- Kirekesztés. A megjelenítő eljárásból kirekesztő beállítások. Például a felület ne vessen árnyékot.

Az anyagtulajdonságok a **Settings | Rendering | Define Materials** menüparancssal megnyitott a **Define Materials** párbeszédablakban szerkeszthetők. A legördülő **File** menüből választott szokásos filekezelő parancsokkal a kívánt anyagkönyvtár a memóriába betölthető, a módosításokkal azonos vagy más néven elmenthetők. Az anyag meghatározásokat a *Material Palette* elnevezésű szöveges file-ok tartalmazzák, kiterjesztés **.pal**. Az útvonalat (lehet több is) a **MS_MATERIAL** konfigurációs változó mutatja.

A szerkesztés eszközei a következők. A **Material Name** mezőben módosítható az anyagnév, az **Add** parancs új anyagnévvel bővíti a listát, a **Delete** parancs a kiválasztott anyagot törli a listáról, a **Replace** parancs átvezeti a módosításokat, a

Preview parancs az anyagot megjeleníti a kiválasztott rajzelemen. Ha több rajzelemet kívánunk megjeleníteni, előzetes ki kell jelölni azokat.

Az anyagok megtekinthetők különféle árnyalási módokkal, különféle geometriai alakzaton vagy a modelltérből kiválasztott rajzelemen. A visszatükröződő és átlátszó anyagbeállítások ellenőrzéséhez a háttér környezetkép (*Environment Map*) szolgáltatja, kiválasztása az *Assign Materials* párbeszédablakban történik. Meghatározás hiányában a környezetkép mind a hat oldalát az *mslogo.tif* kép helyettesíti. A környezeti kép csak raytrace árnyalással működik.

Az anyag meghatározások az egyik file-ból a másikba a memória segítségével másolhatók, ugyanis a régi könyvtár file-ban kijelölt anyagot az új könyvtárfile megnyitása nem törli a memóriából. A módosított anyagkönyvtárakat a felülírás elkerülése érdekében célszerű átnevezni. Az anyagok elnevezésénél a névazonosság kerülendő.

Fényvisszaverodési tulajdonságok

A megjelenítő eljárások a valóságos fényvisszaverodés összetett fizikai jelenségét alkotóelemeire bontják, azokat egymástól elkülönítve számítják, majd a kapott színértékeket a képpixelben egyesítik. A megvilágítási egyenlet tagjai a következők:

ambiens fényvisszaverodés	+
diffúz fényvisszaverodés	+
spekuláris fényvisszaverodés	+
átlátszóság (fénytöréssel)	+
tökéletes visszaverodés	+
pixelszín	=

A megvilágítási egyenletben a következő tényezők szerepelnek:

- a) Mintavételi felületegység. Irányát a felületelemre merőleges ***N*** normálvektor, alapszínét az ***O*** tényező jelöli.
- b) Mintavételi területre eső fény. Irányát a fényforrás irányába mutató ***L*** egységvektor, a fény mennyiségét és színét, együttesen a színintenzitását az ***I*** tényező jelöli. (Az árnyalási egyenletben nemcsak a fényforrás minősül a fénynek, hanem a felületegységen visszatükröződő a vagy a felületegységen átlátszó más felületegység is.)
- c) Visszaverodési együttható (***k***), az anyagok fényvisszaverő képességét jellemző konstans.
- d) Mintavételi területről az elméleti irányba visszaverődő fény, ***L*** tükörképe ***N***-re vonatkoztatva, irányát ***R*** egységvektor jelöli.
- d) A kamera (nézőpont), irányát a kamera irányába mutató ***V*** egységvektor, a kamerába jutó pixelszín az ***I*** tényező előli.

A számítások a három reprezentatív vörös, kék, zöld (RGB) hullámhosszon párhuzamosan történnek. A színek értékeit normalizált RGB koordináta-rendszerek adják, így a fekete színkoordinátái 0,0,0, a fehéré pedig 1,1,1. Ennek alapján két szín összeadás fehérebb színt eredményez, egy színhármaszt azonos 0 – 1 érték között megszorozva a szín intenzitását csökkenti, fekete tartalmát növeli.

Így például az árnyalási egyenletben a diffúz-visszaverodési együttható a megvilágított szín (textúra pixel vagy alapszín) intenzitását módosítja.

Például $k_d=0.6$, $O_d=lila$ (1.0, 0.23, 0.45):

$$0.6 \times \begin{bmatrix} R & 1.000 \\ G & 0.230 \\ B & 0.450 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0.600 \\ G & 0.138 \\ B & 0.270 \end{bmatrix}$$

Valamennyi árnyalásnál alkalmazható fénymodellek és a hozzájuk tartozó tényezők a következők:

● **Ambiens**, ambiens fénymodell az árnyalási egyenletekből hiányzó többszörös fényvisszaverodést pótolja, és elsősorban az árnyékos felületek derítésére szolgál. Az ambiens fénynek nincs fénytani megfelelője, valamennyi felületet egyenlően megvilágítja, nincs iránya, sem vetett árnyéka, mivel minden felületet egyformán érint, tompítja a színeket, a mélységet és a kontrasztot, ezért a jól bevilágított térben legfeljebb derítésre szolgál.

Az árnyalási egyenlet ambiens tagja a következő:

$$I = I_a k_a O_d$$

ahol I a kamerába jutó ambiens fényintenzitás, I_a egységnyi területre eső ambiens fényintenzitás, k_a ambiens visszaverődési együttható, O_d a felület diffúz színe.

Ennek alapján az **Ambient** (k_a ambiens visszaverődési együttható) a visszaverődő ambiens fény (**Ambient Light**) szín intenzitását szabályozza, s ezzel az anyagok ambiens fényvisszaverődési képessége jellemezhető: 0 – nincs visszaverődés (az anyag fekete), 1 – teljes visszaverődés, 1 felett – sugárzó anyag.

Ha a modellben nincs ambiens fény, nincs ambiens fényvisszaverődését sem. Az ambiens visszaverődési együtthatót valamennyi árnyalási mód számításba veszi, de a radiosity megoldás eredményét torzítja. Az ambiens világítás mint fényforrás színe és intenzitása a **Global Lights** párbeszédablakban állítható.

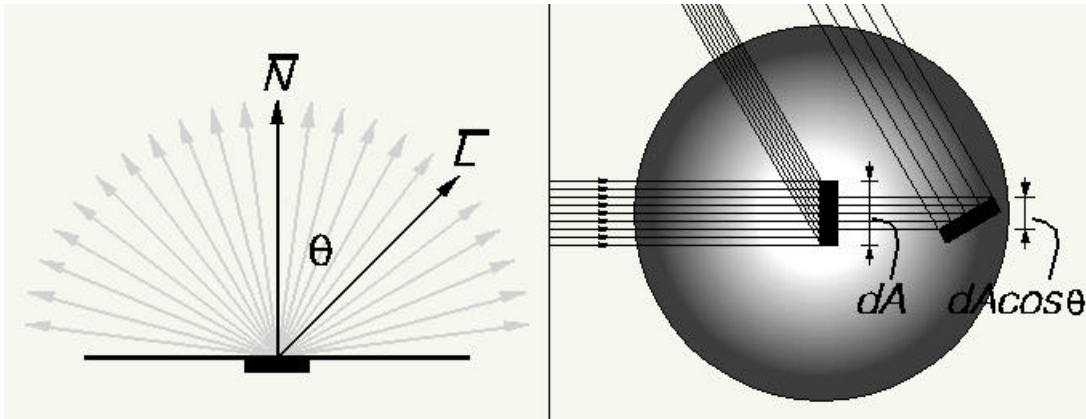
● **Diffuse**, diffúz színintenzitás beállítás az anyag általános fényvisszaverő képességét a Lambert féle felület szerint modellezi. A Lambert féle felület, például a kréta vagy a homok, optikailag nagyon durva, a beesési merolegese minden pontban más és más, ezért a rá eső fényt minden irányban szórja, tehát fényessége minden irányból nézve egyforma. Egységnyi ilyen felületről a kamerába jutó fény mennyisége - Lambert törvénye szerint - független a nézőponttól, ugyanakkor egyenesen arányos a felületre mért meroleges és a felületre eső fény iránya által bezárt szög (beesési szög) koszinuszával. Azaz

$$I = I_p \cos q$$

ahol I a kamerába jutó fényintenzitás, I_p egységnyi területre eső fényintenzitás, q beesési szög. Eszerint $q = 0^\circ$ teljes a visszaverődés, $q = 90^\circ$ nincs visszaverődés.

Az árnyalási egyenletet kiegészül a felület egysége (pixel) O_d színével, amely a visszaverődő fényben a visszaverődő színt képviseli, és a k_d diffúz-visszaverődési együtthatóval, amely az anyagokat egymástól megkülönböztető konstans. Az árnyalási egyenlet diffúz tagja tehát a következő:

$$I = I_p k_d O_d \cos q$$



Ábra. **Diffuse Light.** A diffúz szín intenzitás beállítása az anyag általános fényvisszaveró képességét a Lambert féle felület szerint modellezi. Baloldali ábra: N – a felület normálisa, L – beeső fényt jelölő vektor. Jobboldali ábra: Két azonos nézőpontból látható infinitezimális felületen mért fény mennyiség csak a fénysugár beesési szögétől függően változik. Hiába no a nézeti szög, és látható nagyobb terület, a felületre eső fény arányosan kevesebb. A párhuzamos vonalak a fény mennyiségét, a fekete téglalapok az egységnyi felületet jelzik, a gömb árnyalása pedig mutatja hogyan csökken a visszaverődő fény mennyisége a fényforrástól elforduló felületegységekről. 0° – teljes visszaverődés, 90° – nincs visszaverődés.

- Ennek alapján a **Diffuse** beállítás (k_d diffúz visszaverődési együttható) a visszaverődő fények színintenzitását szabályozza, és ezzel az anyagok általános fényvisszaveró képessége és az anyag általános színe (textúrája) jellemezhető. Az különböző felületek eltérő megmunkáltságát (simaságát) nem képes megkülönböztetni. 0 – nincs szín, nincs visszaverődés (az anyag minden színt elnyel, fekete), 1 – teljes visszaverődés, 1 felett – sugárzó anyag.

A diffúz visszaverődés színe a **Weight** súlytényezővel két pólusból keverhető. Az egyik pólus a **Base Color**, alapszín, amely RGB, HSV, CMY színkoordinátákkal meghatározható. (Ha az alapszín meghatározása hiányzik, a rajzelem saját vonalszíne helyettesíti.) A másik pólus a **Pattern**, a textúra színei. 0 – az alapszín (vagy a vonalszín érvényesül), 1.0 – a textúra érvényesül.

A diffúz visszaverődéshez a fényt a modeltérben elhelyezett fényforrások biztosítják. Ha a modellben nincs fényforrás, vagy a felület árnyékban van és a többszörös visszaverődés számítás elmarad, nincs diffúz fényvisszaverődés sem. Az ambiens fény az alapszínt azonban láthatóvá teszi. A diffúz visszaverődési együtthatót és az alapszínt valamennyi árnyalási mód számításba veszi.

- A spekuláris fény jellemzően a sima anyagokon, például az alma viaszos felületén megjelenő fényfolt. A spekuláris fénymodell a nem teljesen szórt fény (például homok) és nem teljesen visszatükröződő anyagok (például tükör) fényvisszaveró képességét modellezi. A spekuláris visszaverődés intenzitása nézőponttól függően változik, centrumát a Snellius-Descartes törvény által meghatározott tökéletes visszaverődési irány határozza meg. A nézőpont elfordulásával, a centrumból kifelé haladva fényintenzitás exponenciálisan csökken. A fényfoltot három tényező együttesen határozza meg, ezek a következők:

Az intenzitás csökkenést $\cos^n \alpha$ közelíti, ahol α az elméleti visszaverődés és a nézeti irány által bezárt szög, az n kitevő az anyagokat egymástól megkülönböztető konstans. A konstans 0.01 és több száz között állítható (0.01 – gyenge fényfolt, finom átmenettel, 1 – erős fényfolt, éles átmenettel.)

A spekuláris fényfolt kiterjedését k_s spekuláris visszaverődési együttható szabályozza, amely a θ visszaverődési szöget a nézeti irányhoz képest növeli vagy csökkenti.

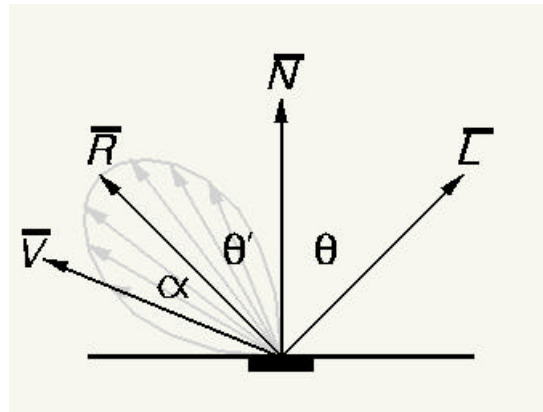
A spekuláris fényfolt színe eltér az anyag általános színétől, mert a fény hullámhosszát a beesési szög és az anyag törésmutatója (Fresnel együttható) a legtöbb anyagnál módosítja. Ezt külön szint a O_s spekuláris fényszín utánozza. Az egyenletben a spekuláris fényszín állandó érték, független a beesési szögtől. Az állandó érték pedig csak a muanyagokra jellemző, amelyeknél spekuláris fényt a pigmenteket burkoló átlátszó közeg visszaverődése okozza. A fémeknél a spekuláris fényszín erősen változó, (a Fresnel együttható értéke nagy), ezért színjátékosak. Ebből adódik számítógépes megjelenítés muanyagszerűsége.

Az árnyalási egyenlet spekuláris tagja a következő.

$$I = I_p k_s O_s \cos^n a$$

ahol I a kamerába jutó fényintenzitás, I_p egységnyi területre eső fényintenzitás, k_s spekuláris visszaverődési együttható (*Finish*), O_s a spekuláris fény színe, n a spekuláris visszaverődési kitevő (*Specular*), a az elméleti visszaverődés és a nézeti irány által bezárt szög.

A spekuláris fényhatás megjelenítésére csak a Phong, a Raytrace és a Radiosity árnyalási mód alkalmas.



Ábra. **Specular Light**, spekuláris fény, amely a nem teljesen matt (fényelnyelő) és nem teljesen visszatükröződő (tükör) felületről – Fresnel törvénye szerint – vissza. A spekuláris fényfolt centrumát a tökéletes visszaverődés iránya határozza meg.

Ennek alapján a **Specular** (n spekuláris visszaverődési kitevő) a felületen visszatükröződő fényterület (fényfolt) intenzitáscsökkenését szabályozza. 0 – nincs fényfolt, 1 – a folt fényerőssége teljes, 8 – éles, fókuszált fény.

Finish (k_s spekuláris visszaverődési együttható) határozza meg a spekuláris fényfolt méretét. 0 – nincs fényfolt, csak a diffúz fényvisszaverődés érvényesül, 0.01 – a fényfolt kiterjedése a megvilágított felület 100 %-a, 1 – a fényfolt kiterjedése a megvilágított felület 20 %-a húzódik össze.

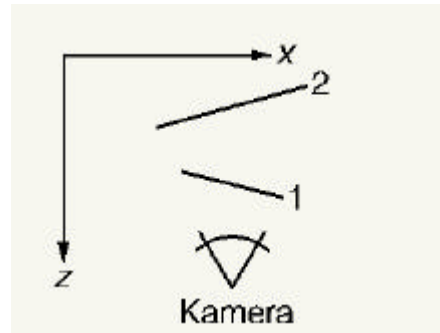
Specular Color (O_s spekuláris fényszín) a spekuláris fényfolt színét utánozza. Ha a spekuláris fényszín meghatározása hiányzik, a rajzelem saját vonalszíne helyettesíti.

A spekuláris fényhatást a három beállítás együttesen formálja. Sima felületeken, például polírozott alumíniumon, üvegen vagy muanyagon a fényfolt szűk és fényes. Matt, durva vagy puha felületeken, például szonyegen, vakolaton a fényfolt széles és gyenge. A fehér fénnel megvilágított muanyagon a fényfolt – a muanyag színétől függetlenül – fehér, alumíniumnál szürke, sárgarézénél sárga.

- **Transmitt** A fényátlósítást, azaz az átlátszóságot az egymás mögötti pixelek színének lineáris interpolációval határozza meg:

$$I = [(1 - k_{t1}) I_1 + k_{t1} I_2] \cdot I_{s1}$$

ahol I a kameraba jutó fényszín, k_{t1} a fényátlósítási együttható, mely 0 és 1 érték között állítható, I_1 az első egységnyi területre eső ambiens és diffúz fényszín, I_2 a második egységnyi területre eső ambiens, diffúz és spekuláris fényszín, I_{s1} az első egységnyi területre eső spekuláris fényszín



Ábra. Két poligon felülhúzóban.

A poligon alapú árnyalásnál az átlátszó és tömör poligonokat külön mélységi táblázat (z-buffer) tárolja, és a két külön számított kép egyesítésével utólag jön létre az átlátszóság. Erre a módszerre azért van szükség, mert a takarási feladatok megoldásához alkalmazott mélységi táblázat nem tartja nyilván, hogy az egymás mögött elhelyezkedő poligonok közül melyik átlátszó. Az eljárás hátránya, hogy valamennyi átlátszó poligon egyetlen közös táblázatba kerül, az átfedéseiket a mélységi összevetés eltávolítja, így csak egyetlen átlátszósági lépcső lehetséges.

Ennek alapján a **Transmit** (k_t fényátlósítási együttható) az anyag átlátszóságát határozza meg: 0 – nem átlátszó, 1 – teljesen átlátszó.

Poligon árnyalásoknál az átlátszósági z-buffert a *Rendering View Attributes* párbeszédablakban a *Transparency* kapcsoló működteti.

Raytrace árnyalásnál az átlátszósági sugarat a *Ray Tracing* párbeszédablakban a *Transparency* kapcsoló működteti.

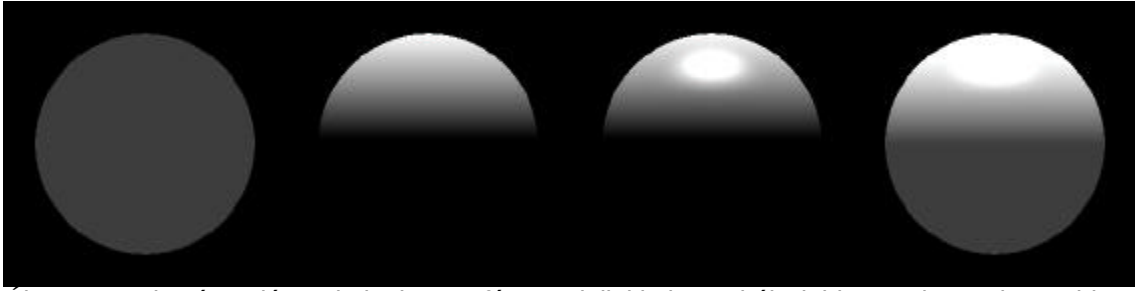
Az átlátszóság fénymodell az átlátszóság különböző fokozatait kísérő optikai jelenségeket, így a színezést, az ívelt felületeknél jelentkező átlátszóság csökkenést stb. csak a diffúz és spekuláris fénymodellel együtt szemlélteti. A lineáris interpoláció következtében a hátsó felület színe akkor érvényesül, ha az első felület színtelen (fekete), átlósítási együtthatója magas, diffúz tényezője alacsony.

Tehát a tökéletes üveg diffúz tényezője – 0.05, alapszíne fekete – RGB 0,0,0.

Az egyenletben a spekuláris fényszín szorozóként működik, így a teljesen átlátszó felületen is megjelenhet a spekuláris fényfolt. Ez viszont azt jelenti, hogy az átlátszóságot a spekuláris tényezők (*Specular*, *Specular Color*) erőteljesen módosítják, az alacsony értékek az átlátszóságot csökkentik illetve átszínezik.

Ha például a *Transmit* – 0.9 és a *Specular* – 0.4, akkor a tényleges átlátszóság körülbelül – 0.36, és ezt az értéket a spekuláris szín 0 és 1 között kifejezett RGB értékei tovább csökkentik. Tehát a tökéletes üveg spekuláris tényezője – 1, spekuláris színe fehér, RGB 1,1,1). A színezett üveget spekuláris színnel kell utánozni.

A radiosity számításnál a *Diffuse*, *Specular*, and *Transmit* visszaverődési együtthatók összege 1.0-nél nagyobb nem lehet, mert a felületek sugárzóvá válnak, s a visszaverodo fényenergia ahelyett, hogy csökkenne, állandóan növekszik.



Ábra. Gömb árnyalása különböző fénymodellekkel. Balról jobbra: a) csak ambiens fényvisszaverodés b) csak diffúz fényvisszaverodés, c) egyesített diffúz és spekuláris fényvisszaverodés d) egyesített ambiens, diffúz és spekuláris fényvisszaverodés. Beállítások: ambiens fény $I_a=1.0$, irányfény $I_{pd}=1.0$, ambiens visszaverődési együttható: $k_a=0.25$, diffúz visszaverődési együttható $k_d=1.0$, spekuláris visszaverődési kitevo $n_s=0.5$.

A teljes árnyalási egyenlet kiegészítve az f távolsággal arányos fényero csökkentési tényezovel (*Distance Cueing*) a következő:

$$I = (I_a k_a O_d) + f I_p [k_d O_d \cos q + k_s O_s \cos^n a]$$

Az árnyalási egyenlet a következő leegyszerűsítéseket tartalmazza:

- a) A radiosity árnyalás kivételével hiányzik a többszörös visszaverodés számítása, az árnyékos területeket derítő ambiens visszaverodés szine állandó.
- b) A radiosity árnyalás kivételével az alkalmazott fényerocsökkentési tényezok (*Distant Cueing*, *Light Attenuation*) a távolsággal lineárisan működnek.
- a) A spekuláris visszatükrözodés szimmetrikus. Egyes anyagok mikrófelületi szerkezete irányítja a visszatükrözodést, így azoknál a visszatükrözodés asszimmetrikus
- b) A spekuláris fényszín állandó, valójában az anyag színe a beesési szögtol is függően változó
- b) Nem képes érzékelteni, hogy alacsony beesési szögnél meghatványozódó fényvisszaverodést.

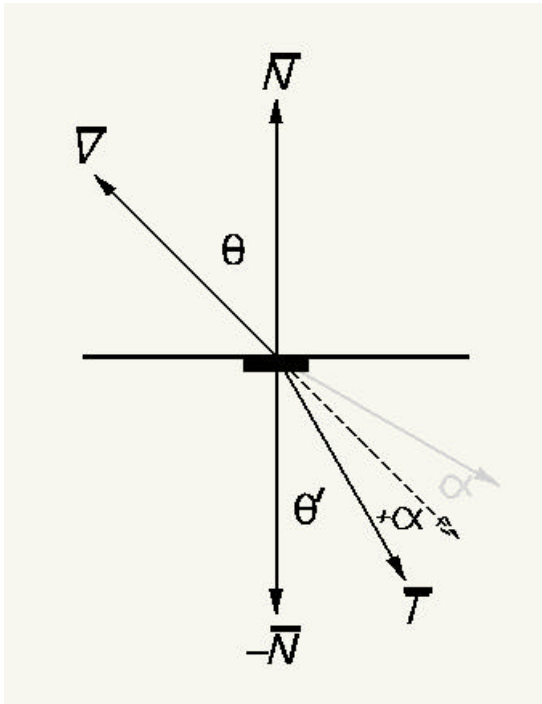
Fényvisszaverodés és fénytörés a különféle árnyalásoknál						
	Ambiens	Diffúz	Spekuláris	Átbocsátó	Tükrözodo	Fénytörö
Wiremesh	-	-	-	-	-	-
Hidden Line	-	-	-	-	-	-
Filled Hidden Line	-	-	-	-	-	-
Constant	◆	◆	-	◆	-	-
Smooth (Gouraud)	◆	◆	-	◆	-	-
Smooth Open GL	◆	◆	◆	◆	-	-
Phong	◆	◆	◆	◆	-	-
Raytrace	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Radiosity solution	-	◆	-	-	-	-
Radiosity-raytrace	-	-	◆	◆	◆	◆

Táblázat. Fényvisszaverodés és fénytörés a különféle árnyalásoknál.

További fényvisszaverodés beállítások

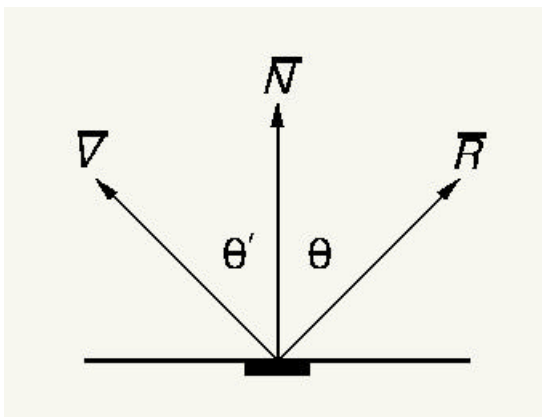
A további fénymodellek csak a raytrace és radiosity árnyalásnál alkalmazhatók.

- **Refract**, fénytörési tényező a felületen áthaladó fény – Fresnel törvénye szerinti irányváltozását szabályozza. 1 – a beeső és kilépő fény szöge a beesési merolegeshez képest egyforma, 1 felett – a kilépő fény a beesési meroleges irányába törik, 1 alatt – a kilépő fény a beesési merolegestől eltörik. Az üveg törésmutatója - 1.4. A fénytörési tényező. A fénytörési tényezőt a raytrace és radiosity árnyalás veszi számításba.



Ábra. **Refracting Light**, átlátszó fény, amely a fényáteresztő felületen áthaladva, a beesési merolegeshez képest megtörik. Az átlátszó fény általában a nézőponttól független. Bizonyos látószög alatt azonban az anyag átlátszósága csökken, a tükrözödése nő, - ez a Fresnel hatás.

Reflect, visszatükröződési tényező a felületről – a Snellius-Descartes törvény szerint visszatükröződő fény intenzitását szabályozza. 0 – nincs visszatükröződés, 1 – teljes visszatükröződés (tükör). A visszatükröződési tényezőt a raytrace és radiosity árnyalás veszi számításba.



Ábra. **Reflecting Light**. A tükröződő fény, amely a visszatükröződő felületről Snellius-Descartes törvény szerint ... visszaverődik.

A visszatükrözödés számításba veszi a látható tárgyakat, a környezeti képeket és a háttér színt. Fehér háttér előtt a visszatükröződő felületek fényesebbek lesznek. A háttér raszterkép (*Background Image*) nem tükröződik.

A visszatükrözödést a spekuláris tényezők (*Specular, Specular Color*) – szorzóként - erőteljesen módosítják. Ha például a *Reflect* – 0.9 és a *Specular* – 0.4, akkor a tényleges visszatükrözödés körülbelül - 0.36, és ezt az értéket a spekuláris szín 0 és 1 között kifejezett RGB értékei tovább csökkentik. Tehát a tökéletes tükör spekuláris tényezője – 1, színe fehér (RGB – 1,1,1). A spekuláris szín (*Specular Color*) a visszatükrözödést átszínezi, ezért a színezett tükört spekuláris színnel kell utánozni.

Fresnel [On|Off], Fresnel féle optikai hatás: éles szögből nézett felület visszatükröződése no, áttetszősége viszont csökken.

Egyéb

Cast Shadows [On|Off] beállítástól függően a felület részt vesz vagy kimarad az árnyékszámításból. A radiosity árnyalásnál a kiiktatott felület csak fogadja a beeső fényt, de nem adja tovább.

Radiosity [On|Off] beállítástól függően a felület részt vesz vagy kimarad a radiosity számításból. A beállítás a **Radiosity \ Material Useage** párbeszédablakban megfordítható, illetve az *Always* (mindig) beállítással hatástalanítható.

Texture Mapping

A textúra leképezés (*Pattern Mapping, Texture Mapping*) a felületekre mintázatot illeszt. A mintázat növeli az árnyalás valóságosságát, és mert a felülethez pixel pontossággal is illeszthető, bonyolult geometriájú felületek helyettesítésére is alkalmas.

A árnyalás számítás a mintázatot a geometriától független koordináta-rendszerben tárolja, és az egyes pontjait rámeri (rávetíti vagy ráfeszíti) a kijelölt felületre. A textúra lehet

- a) raszterkép, a koordináta-rendszere 2D-s,
- b) függvény, a koordináta-rendszere 2D-s és 3D-s.

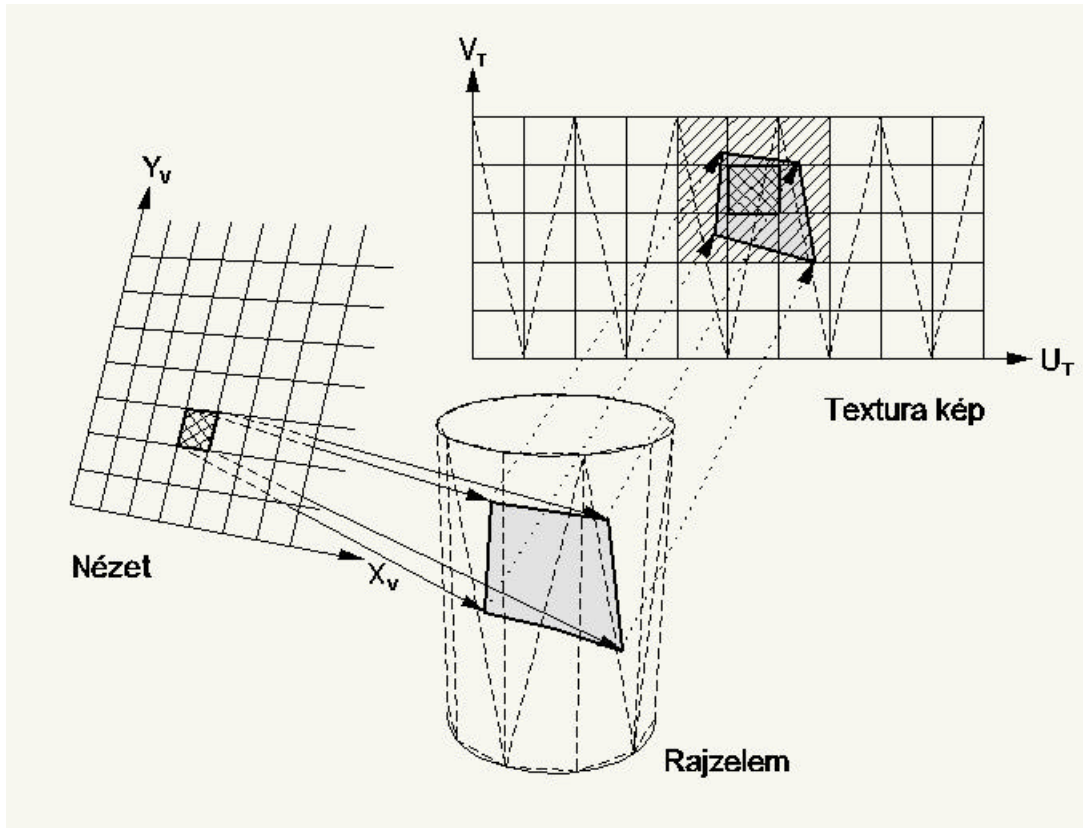
A 2D-s raszterképek digitalizálással vagy szintetizálással előállított pixeles képfájl-ok. A **Material \ Pattern** könyvtárban mellékelte raszterképek anyagfelületeket, tárgyakat, növényeket, embereket tartalmaznak.

A 2D-s és 3D-s függvény alapú textúrák angol elnevezése folyamatos (procedurális) textúra, angolul **Procedural Texture**. Az alkalmazás szempontjából 2D-s folyamatos textúrák csak abban különböznek a raszterképektől, hogy az ismétlődő mintázatuk folyamatosan illeszkedik egymáshoz, a felbontásuk gyakorlatilag korlátlan és a paramétereik állíthatók. A 3D-s folyamatos textúrák viszont 256 x 256 x 256 méretű kockában többnyire zajfüggvényekkel előállított diszkrét pontok halmaza, amelyeknek tetszőleges szerinti metszete textúráként felhasználható. Szükség szerint a mintázat generált közbenso pontokkal finomítható. A 3D-s textúrák előnye, hogy a mintázat a testeleken átfordul, ezért célszerűen használhatók metszetükkel feltárukló anyagok megjelenítésére.

A MicroStationhoz mellékelte folyamatos textúrák önálló Mdl alkalmazások, amelyeknek kiterjesztése **pma** (*Procedural MicroStation Application File*), helyük a **Program \ MicroStation \ Mdlsys \ Textures** könyvtár. A különféle paraméterek textúráként az **Edit** nyomógommbal megnyitott **Procedural Textures Values** párbeszédablakban állíthatók. A változtatásokat az anyagkönyvtár fájlja jegyzi, az eredeti **pma** fájl-ok nem módosulnak.

Új textúra a **Select** nyomógombbal megnyitott **Select Pattern Map** filekezelő párbeszédablakban választható. Megező textúra-képet a **Clear** nyomógomb törli a memóriából.

A MicroStation-hez mellékelt textúra-képek útvonalt az MS_PATTERN konfigurációs változó tartja nyilván. Ha egy új textúra-kép olyan könyvtárba kerül, amelynek útvonala hiányzik a nyilvántartásból, az anyag meghatározás tartalmazni fogja a teljes útvonalt. Ennek a textúra képek áthelyezésénél lehet jelentősége.



Ábra. **Texture Mapping**, textúra leképezés a képpixelhez keresi meg a hozzátartozó textúra pontokat.

- A textúra leképezés a képpixelhez keresi meg a hozzátartozó textúra pontokat. Az eljárás két lépcsős. Az első lépcsőben a képpixel négy sarkát rávetíti a nézeti koordináta-rendszerbe transzformált geometriai felületre. A második lépcsőben pedig az így körülhatárolt területet rávetíti a textúra térre, s az ott található textúra pontok (pixelek) súlyozott átlaga eredményezi a képpixel színét. Ha a körülhatárolt terület kilóg a textúra-képből, a textúra-kép megismétlődik.

A nézeti felület és a textúra tér közötti kapcsolatot lineáris transzformáció teremti meg, ezért a leképezés a textúra-tér egyes részeit felnagyíthatja, más részeit összenyomhatja. Például perspektivikus rövidülésnél egyszerre lehetséges, hogy több közeli képpixel egy textúra pixel határoz meg, és fordítva, egy távoli képpixel több textúra pixel határoz meg. Az egyenlotlen mintavételezésből adódó *alias* típusú leképezési hibák keletkezhetnek, amely a következő eloszuókkal javíthatók:

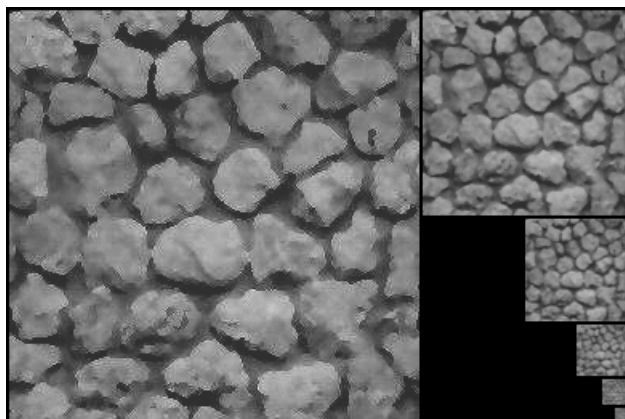
Interpolate Texture [On|Off], textúra interpoláció: a leképezéshez két szomszédos textúra pixel átlagát veszi számításba. A szűrő a **Rendering Settings** párbeszédablakból muködtethető.

Multi-level Texture Interpolation [On|Off], más néven **Mip Mapping** eljárás (MIP - *multum in parvo*, sok dolog kis helyen) ugyanazt a pixeles textúra-képet

több méretben, csökkenő felbontással tartja nyilván. A textúra interpoláció most a két szomszédos textúra-képből vett pixel átlagát veszi számításba. A szűro a **Rendering Settings** párbeszédablakból működtethető. Csak az *Interpolate Texture* - *On* beállítással együtt működik, és csak a Phong és raytrace eljárásnál alkalmazható.

Level of Detail <0-24>, részletezettségi szint a folyamatos textúrák mintázatának felbontását határozza meg. Közelképénél a nagyobb részletezettségi szint finomabb felbontást eredményez. A szűro a **Procedural Textures Values** párbeszédablakban állítható. Az alapbeállítás 3. A számítási idő a szintszámmal lineárisan nő.

A hibajavítás eredményessége nem korlátlan, ezért célszerű a felvétel felbontásához igazodó rasterképeket alkalmazni. A MicroStation által mellékelte textúra-képek felbontása átlagosan 200 x 100 pixel, vagy annál kevesebb. Ez a felbontás körülbelül 700 x 500 pixel méretű felvétel igényeihez igazodik.

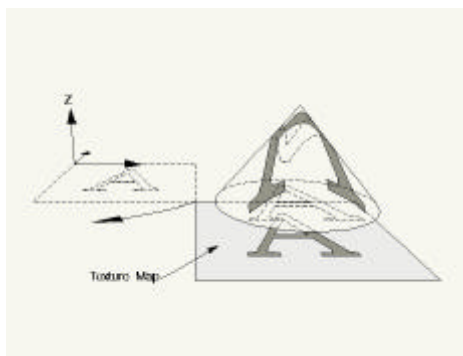


Ábra. **Multi-level Texture Interpolation**, más néven **Mip Mapping** eljárás ugyanazt a textúra rasterképet képet több méretben, csökkenő felbontással tartja nyilván.

- A textúra leképzés lehet ráfeszítő, vagy rávetítő:

Ha a leképzés ráfeszítő (**Elevation Drap - Off**), a textúra tapétaszerűen követi a felület domborzatát. Ebben az esetben a textúra-tér és a rajzelem koordináta-rendszere illeszkedik, a mintázat kezdőpontja a rajzelem kezdőpontja ($O_r=O_t$), a vetítés iránya a geometriai felületet közelítő poligonok normálisai. A ráfeszítés az általánosan használt leképzési mód. A folyamatos textúra használata esetén a ráfeszítő leképzés beállítása **relative_coord(inats) - 1**. Animációnál a rajzelemmel együtt mozog a textúra.

Ha a leképzés rávetítő (**Elevation Drap - On**), a textúra ortogonálisan rávetül a felület domborzatára. Ebben az esetben a textúra-tér és a modell-tér koordináta-rendszere illeszkedik. A mintázat kezdőpontja a modell-tér z koordináta-tengelye ($O_m=O_t$), vagy attól számított X,Y,Z méret többszöröse. A vetítés iránya ugyancsak a z tengely. A rávetítő leképzés célszerűen alkalmazható a domborzatra vetítendő légfelvételhez. A folyamatos textúra használata esetén a rávetítő leképzés beállítása **relative_coord(inats) - 0**. Animációnál a rajzelem keresztül csúszik a textúra.



Ábra. **Elevation Drap**, rávetítő textúra leképzés. A mintázat kezdőpontja a modell-tér Z tengelye, illetve attól számított x_t, y_t méret többszöröse. A vetítés iránya és a forgatási tengely ugyancsak a Z tengely.

A textúra-tér a **Size x,y,z** vektorokkal méretezhető., az **Offset x,y,z** vektorokkal pedig a textúra tér saját koordináta-rendszerének origójához képest eltolható. A méretezés és az eltolás méroegysége megadható a rajzelemhez viszonyítva, és abszolút értékkel. A méretezési módok és a hozzájuk tartozó méroegységek a következők:

- a) **Surface**, a kijelölt rajzelem x,y,z irányú mérete határozza meg a textúra u_t, v_t, w_t méretét (relatív),
- b) **MasterUnit**, a modelltér méroegységében megadott x,y,z mérete határozza meg a textúra u_t, v_t, w_t méretét (abszolút),
- c) **Sub Unit**, a modelltér al-méroegységében megadott x,y,z mérete határozza meg a textúra u_t, v_t, w_t méretét. Az angolszász méretrendszer használata esetén alkalmazható.

Bármely módszert is használjuk a textúrák méretezésére, ha a textúra mérete kisebb mint a rajzelem, akkor a textúra a rajzelemen megismétlődik.

1. Példa Ha a textúra leképezése méroegysége a kijelölt rajzelem (*Surface*), a leképezés ráfeszítő, a *Size* $X=1, Y=1$, akkor a textúra-kép és a rajzelem kiterített (befoglaló) mérete egybevágó. Ha a *Size* $X=0.5, Y=0.5$, akkor a textúra-kép a rajzelem egynegyede, tehát a felület négy textúra-képre oszlik. Ha a rajzelem és a textúrakép mérete nem ugyanolyan arányú, a leképezés torzul. A torzítás megszüntethető a textúra X, Y irányú méretének módosításával. Ha a textúra X, Y irányú mérete nagyobb egynél, a textúra lelóg a rajzelemről, ha kisebb, a textúra ismétlődik.

2. Példa Ha a textúra leképezés méroegysége a modelltér méroegysége (*Master Unit*), a *Master Unit* = 1 méter, a textúra-kép felbontása 200 x 100 pixel, a *Size* $X=1, Y=0.5$, akkor a textúra-kép a rajzelemen x_f és y_f irányban arányosan ismétlődik, 2 textúra-pixel a modelltérben sík felületen 1 cm-nek felel meg.

Figyelem: a MicroStation-hoz mellékelt anyagmeghatározások sajnos nem veszik figyelembe a textúra-képek szélesség-magasság arányát!

A textúra-kép tükrözhető (**Flip Off|On**) és elforgatható (**Angle**). Ráfeszítő leképezésnél forgatási pont a felület kezdőpontja. Rávetítő leképezésnél a forgatási tengely a modelltér z irányú koordinátatengelye.

● **Transparent Background [On|Off]**, átlátszó háttér beállítás kizárja a textúra leképezésből azokat a pixeleket, amelyeknek színe megegyezik a textúra-kép első (bal felső) pixelének színével, így azok átlátszóak lesznek.

Az átlátszó háttérű textúrák (emberek, növények, autók) célszerűen használhatók állóképek kiegészítésére. Ügyelni kell azonban arra, hogy a visszatükröződő felületen a képek hátoldala (fordítottja) jelenik meg. Átlátszó háttérű textúraképet magunk is készíthetünk, csak arra ügyeljünk, hogy a maszk színe azonos legyen a bal felső pixel színével, és ez a szín a látszó részekben ne forduljon elő. *Jpeg* tömörítés módosítja a pixelek színét, ezért file formátumként nem alkalmazható.

Bump Mapping

A **Bump Mapping**, bucka leképezés egyszerű felületeken hepe-hupás, görgöngyös képet eredményez. Az eljárás csak a Phong és raytrace árnyalási módoknál alkalmazható, mert a poligonok belsejében interpolált a normálvektorokat perturbálja (Blinn 1978). A perturbálás kiindulópontja a felületre vetített bucka-kép. A pixelek helyzetéből és fényességéből nyert adatok alapján a normálvektorok elfordulnak, felemelkednek vagy lesüllyednek. A világosabb színű pixelek a felületrészt megemelik, a sötétebb színű pixelek pedig lesüllyeszti. A beállítások a következők:

Height tényező módosítja a buckák mélységét, illetve magasságát,

Invert [On|Off] megfordítja a buckák mélységét, illetve magasságát,

Mivel a textúra- és a bucka-képek egymáshoz tartoznak és célszerűen egybeavágóak, a leképzési mód, a méroegység, a méretezés és eltolás beállítása csak együtt változtatható. A **Pattern | Bump** váltókapcsoló a független beállításokat cseréli fel, amelyek a következők:

Pattern	Bump
Transparent Background	Invert
Weight	Height
Clear (Pattern Map)	Clear (Bump Map)
Edit (Procedural Pattern Map)	Edit (Procedural Bump Map)
Select (Pattern Map)	Select (Bump Map)

A buckakép lehet színes raszterkép is, de csak a fehér és fekete tartalom számít. A raszteres textúra-kép saját bucka-képként is alkalmazható. Új bucka kép a **Select** nyomógommbal megnyitott **Select Bump Map** filekezelő párbeszédablakban választható. Ha az új bucka-kép könyvtárát MS_BUMP konfigurációs változó előzetesen meghatározta, az útvonal nem kerül feljegyzésre. Meglévo bucka képet a **Clear** nyomógomb törli a memóriából.



Ábra. **Bump mapping**, bucka leképzés. Balról jobbra: a) textúra kép, b) bucka kép, c) egyesített kép. A bucka magassága a **Height** (magasság) tényezovel állítható.