✍ Prof. Dr. Paşa YAYLA • Kocaeli Üniversitesi
✍ Yrd. Doç Dr. Şenol ŞAHİN • Kocaeli Üniversitesi

Güneş Işığının Plastiklerin Performanslarına Etkileri

Güneşin güçlü ultraviyole (kızıl ötesi) ışığı, ısı ve nem ile birleştiğinde parçalarda her yıl milyarlarca liralık hasarlara neden olabilmektedir. Ultraviyole ışık kaynağı olarak güneş, su olarak yağmur veya çiğ ve sıcaklık ile ilgili faktörler polimerik malzemelerde önemli hasarlara sebep olabilmektedir. Ayrıca plastik malzemelerdeki bozulma, lokalize olmuş mikrobiyolojik saldırılar, hava kirliliği ve tuzlu su gibi faktörlere bağlı olarak ta ortaya çıkabilir.

Polimerin, maruz kaldığı bu bozucu ortamların etkilenme derecesini azaltmak üzere polimer ile içindeki pigmentler ve diğer dolgu maddeleri ara yüzeylerinde oluşan bozulma olayının fiziğini ve kimyasını araştırarak bunun önlenmesi konusunda çalışmalar sürdürülmektedir. Elde edilen bilgiler doğrultusunda da polimere anti-oksidanlar, stabilizatörler, renklendiriciler ve diğer katkılar ilave ederek veya uygun kaplama teknolojisi kullanılarak plastiklerden üretilen ürünlerin ömürlerini uzatmak mümkün olmaktadır.

Modern tasarımlarda çok çeşitli şekillerde kullanılan termoplastik malzemelerin büyük bir kısmı, temel beklentileri karşılanmasının yanında pratik nedenlerden dolayı da renklendirilmektedir (Brychcy 1995). Polimerin renklendirilmesinde renklendirme metodunun ve renklendiricinin genel olarak polimerlerin fiziksel ve mekanik özelliklerine belirli bir etkisinin olduğu bilinmektedir. Bilhassa, plastik boru hammaddeleri, hammadde üreticileri tarafından, hammadde üretimi (propilenin etilenle kopolimerizasyonu) sırasında renklendirilerek genellikle granül halinde piyasaya sürülmektedir.

Bu şekildeki renklendirme teknolojisinin zahmetli ve dolayısıyla da pahalı olması hammadde fiyatlarına da yansımaktadır.

Hammadde üreticilerinin çokluğu pazarda rekabete yol açmakta ve hammadde üreticilerini, genellikle küçük ve bilhassa gelişmekte olan ülkelerdeki işletmeciler için daha ekonomik olan renklendirilmemiş (naturel) hammaddeleri üretmeye ve piyasaya sürmeye teşvik etmektedir. Kopolimerizasyon esnasında renklendirilmiş plastik malzemeye kıyasla naturel hammadde sadece daha ekonomik olmakla kalmayıp aynı zamanda hem üretim hem de lojistik konularında hammadde kullanıcılarına avantaj sağladığından küçük işletmeciler tarafından daha çok tercih edilebilmekte, renklendirme işlemi nihai ürünün üretilmesi esnasında hammadde kullanıcıları tarafından gerçekleştirilmektedir.

Plastik malzemelerin karakteristik değerleri büyük bir çoğunlukla hammadde üreticileri tarafından belirlenerek kullanıcıların ve tüketicilerin bilgisine sunulmaktadır. Bu yüzden, hammadde üreticileri naturel plastik hammaddesinin renklendirilmesinde, malzemelerin karakteristik değerlerinin elde edilebilmesinin ancak, kendilerinin üretimi olan ve/veya tavsiye olunan renklendiricilerin kullanılmasıyla mümkün olabileceğini vurgulamaktadırlar.

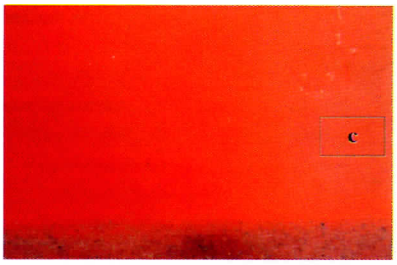
Termoplastik malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde pek çok çalışmalar yapılmış ve bu konuda belirli bir bilgi birikiminin oluşmuş olmasına rağmen kullanıcılar ve tasarımcılar genellikle kendileri için önemli olan parametrelerin tes- ➤

pitinde zorlanmaktadırlar. Türkiye'de son 10 yılda plastik malzeme üretimi ve tüketimi bilinçli ve/veya bilinçsiz bir şekilde bir artış göstermektedir. Ayrıca, ülkemizde plastik malzemelerin renklendirilmesinde kullanılan farklı tip ve renklerde renklendiriciler üreten gelişmekte olan bir kimya sanayisi de bulunmaktadır.

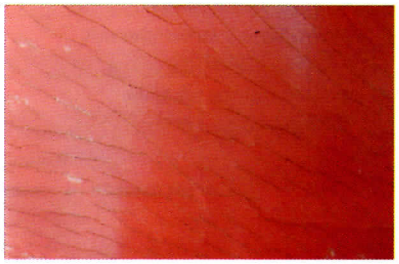
Polimerlerin renklendirilme gerekçelerinden birisi de malzemenin yaşlanmaya karşı direncini azaltmaktır. Yaşlanmayı artıran parametreleri şu şekilde sıralamak mümkündür. Güneş ışığı, Nem (çiğ, rutubet, vb), Isı (malzemenin yüzey sıcaklığı), Hava kirliği (ozon, asit yağmurlar), Mikrobiyolojik saldırılar ve Tuzlu su.

Pek çok polimerin, güneş ışığına maruz kalması sonucu mekanik özelliklerinde düşüşler oluşabilmekte ve malzemenin görünüşü değişmektedir. En fazla etkilenen mekanik özelliklerin başında malzemenin sünekliği gelmektedir. Güneşin etkisi altında malzeme yüzeyinin bozulması ve gevrekleşmesi sonucu yüzeyde çıplak gözle dahi görülebilecek boyutta mikro-çatlaklar oluşabilmekte, gerilme altında bu çatlakların birleşerek ilerlemesi sonucu parçanın ömrünü kısaltmaktadır, Şekil 1.

Bu çalışmada, Avrupa'da polietilen plastik hammadde üretiminde öncü kuruluşlarından olan Borealis firmasından temin edilen polipropilen random kopolimer (PP-R) hammaddesi (Lind 1995), farklı firmalarca üretilen renklendiriciler (masterbeç) kullanılarak renklendirilen PP-R malzemelerin atmosfer koşullarında güneş altında bırakılması sonucunda parçada oluşan renk değişimlerinin ve erime akış indeksi (Melt Flow Index - MFI)'nin zamana bağlı



(a)



(b)

Şekil-1. Üç yıl güneş altında bırakılan PE'den imal edilen parçadaki renk değişimi ve kılcal çatlakların oluşumu. (a) şeklinin sol tarafı güneş almayan bölge, sağ kısmı ise güneş alan bölge olup (c) bölgesinin üç kez büyültülmüş hali şekil (b)'de verilmiştir.

olarak değişimi araştırılmıştır.

Güneş Işığı Altında Plastik Malzemeler

Plastik malzemelerin kullanımının yaygınlaşmasının bir sonucu olarak, plastik malzemelerin her zaman için güneş ışığına dayanıklı olmadıkları ortaya çıkmıştır. Bu malzemelerin ürünlerde kullanılabilmeleri için sadece ısı etkilerine karşı dirençlerinin (mukavemet özelliklerinin azalmaya başlamasından termik oksidasyon ayrılması ile tahrip oluncaya kadar geçen sürecin) dikkate alınması yeterli değildir aynı zamanda nem, güneş ışığı, kimyasal maddeler v.s. gibi diğer çevre etkilerine karşı da dirençlerinin dikkate alınması gereklidir (von Meysenbug 1978). Plastik malzemeler, dış ortamda çok değişik kombinasyonlarda meydana gelen bir dizi iklim tesirleri altında bulunurlar. Bu iklim tesirlerinden en önemlileri olarak güneş ışınımı (radyasyonu), oksijen, ozon, ısı, nem, yağmur, kükürtdioksit, nitrikli oksit (azotoksit) ve toz nufuziyeti sayılabilir. Polimerlerin yaşlanmasına yol açan iklim faktörlerinin etkileri sabit değildir, bilakis coğrafi konuma ve mevsime bağlı olarak değişmektedir.

Bu nedenle, her bir polimerin atmosferdeki davranışının tarifi yapılmadan önce, farklı iklim faktörünün ve kombinasyonlarının etkilerinin makromoleküler düzeyde gözlenmesi yararlı olmaktadır.

Makromoleküler seviyede ışığın nufuziyetine karşı direnç kabiliyetleri, plastiklerin kullanım yerleri bakımından son derece önemli bir kriterdir. Çünkü ışık, doğal iklim koşullarına bırakılmış plastik malzemelerin tahrip olmasındaki en önemli nedendir. Bununla beraber ışık, plastik malzemelerin farklı iklim koşulları altında yıpranmasına (yaşlanmasına) neden olan faktörlerden sadece bir tanesi olduğundan, fotokimyasal yıpranma sonuçları makromoleküler seviye atmosferik yaşlanması ile irtibatlı değerlendirilmelidir (von Meysenbug 1978). Güneşten gelen ultraviyole (UV) ışığın dalga boyu, polimerin performansı üzerinde farklı şekillerde etki etmektedir. Güneşten gelen enerjinin önemli bir bölümü görülebilir ışık ve infrared şeklindedir. Ultraviyole ışınlar, güneş ışığının %5'ini oluşturmaktadır. Dış ortamda çalışan polimerlerdeki fotokimyasal bozulmalara ultraviyole ışığın neden olmaktadır. Güneşin UV radyasyonu, dalga boyuna bağlı olarak üç grupta incelenir.

UV-A: 400-315 nm arasında bulunan dalga boyu olup 400 nm dalga boylu ışık görünen ışık ile ultraviyole ışık arasında bir sınırdır. 315 nm dalga boylu ışığın altı ise

insan derisinde ve bazı polimerlerde olumsuz etkilere ve pigment yapısında değişimlere sebep olur.

UV-B: 315-290 nm arasındaki dalga boyları dünya yüzeyinde bulunan, polimerlerin hasarından birinci derecede sorumlu olan, pencere zamları tarafından absorbe edilen bir özelliktedir.

UV-C: 290-100 nm arasındaki dalga boyları sadece dış atmosferde olan, ozon tabakası tarafında absorbe edilen bir ışık türüdür.

Böylece UV-B dalga boylu güneş ışığı, plastikler için en zararlı olanıdır. Polietilen malzemeler için en fazla zararlı olan dalga boyu 300 nm, polipropilen malzemeler için ise 310 nm olan UV ışınlarıdır.

Polimerlerdeki boyar hammaddelerde bulunan pigment türleri, polimerin UV radyasyonundan ne derece etkileneceği önemlidir. Siyah gibi bazı renklerin, polimerik malzemenin UV performansını artırdığı bilinmektedir.

Plastik Malzemelerin Atmosferik Tesirlere Karşı Dayanıklılığı

Yaşlandırma esnasında polimer maddelere, farklı kombinasyonlarda güneş radyasyonu, oksijen, ozon, ısı, nem, yağmur, kükürtdioksit, azotoksit, toz gibi çok sayıda iklim tesirleri etki eder. Bu tesirler polimer ve elastomer özelliklerinin küçük veya büyük oranda bozulmalarına neden olabilirler. Değişiklikler kendilerini görünümün (parlaklık, renk, çatlak oluşumu), kimyasal bileşimin ve işletme (kullanım) özelliklerinin (örneğin; optik-, elektriksel-, mekanik özelliklerin) değişimi şeklinde belli ederler.

Tablo-1. Plastik malzemelerin yaşlanma davranışı

Polimer Malzeme	Dayanıklılık
Polietilen-yumuşak (AYPE), stabilize edilmemiş	3
Polietilen-yumuşak (AYPE), stabilize edilmiş	1-2
Polietilen-sert (YYPE), stabilize edilmemiş	3
Polietilen-sert (YYPE), stabilize edilmiş	1-2
Polipropilen, stabilize edilmemiş	3
Polipropilen, stabilize edilmiş	2
Polistern, stabilize edilmemiş	3
Polistren, stabilize edilmiş	2
PVC-yumuşak, stabilize edilmemiş	3
PVC-yumuşak, stabilize edilmiş	2
PVC-sert, stabilize edilmemiş	2
PVC-sert, stabilize edilmiş	1-2

Dayanıklılık Derecesi

1= çok dayanıklı 2 = kısmen dayanıklı 3 = az dayanıklı

İklimsel tesirlere karşı dayanıklılık, malzemelerin davranışlarını büyük ölçülerde etkileyebilen dolgu maddelerinin, terkip maddelerinin ve kalıntıların mevcudiyetine ve polimerlerin kimyasal özelliklerine bağlıdır. Plastik malzemelerin yaşlandırmaya karşı dayanıklılıklarına bir genel bakışı Tablo-1. vermektedir.

Plastik malzemelerin ve elastomerlerin Atmosferik Yaşlanması adı altında farklı iklim faktörlerinin tesirleri sonucu özelliklerinde tersine çevrilemez değişmelerin meydana geldiği anlaşılmalıdır. Böyle özellik değişimleri malzemelerin birçok özelliklerinde küçük veya büyük oranlarda kalıcı değişimlere yol açar. Bu değişimlerin mekanizması oldukça karışıktır ve bu zamana kadar cevaplanamamış çok sayıda soruları kapsamaktadır (von Meysenbug).

Işığın Tesiri

Genel olarak polimerlerin normal şartlar altında karanlık bir ortamda depolanması halinde teknik özelliklerinin uzun süre değişmeden kaldığı buna karşın güneş ışığına maruz kaldığında, özelliklerinde birtakım değişikler meydana geldiği bilinmektedir. Pek çok durumlarda ışık, polimerlerin karanlıkta depolanmaları sonucu ya hiç yada sadece çok düşük hızlarda ilerleyen reaksiyonların oluşmasına neden olur. Bu nedenle ışık ışınımı da tıpkı termal yaşlanma gibi, malzemenin mekanik, fiziksel; kimyasal ve termal özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesidir (Şahin 1996).

Doğada, evlerde veya işyerlerinde malzemeler ışık ışınımı, tesirinin büyük bir kısmını güneşten almaktadır. Güneşin hem parçacık ışınımı hem de elaktromagnetik ışınımı yaptığını dalgaların karakterleri göstermektedir.

Güneşten dünya yüzeyine ulaşan parçacık ışınımının malzemelere etkisi bu güne kadar yalnız başına incelenememiş olmakla birlikte buna çok az değer verilmektedir. Parçacık ışınımının dünya atmosferi dışındaki tesiri ise hiçbir şekilde gözden kaçırılmamalıdır.

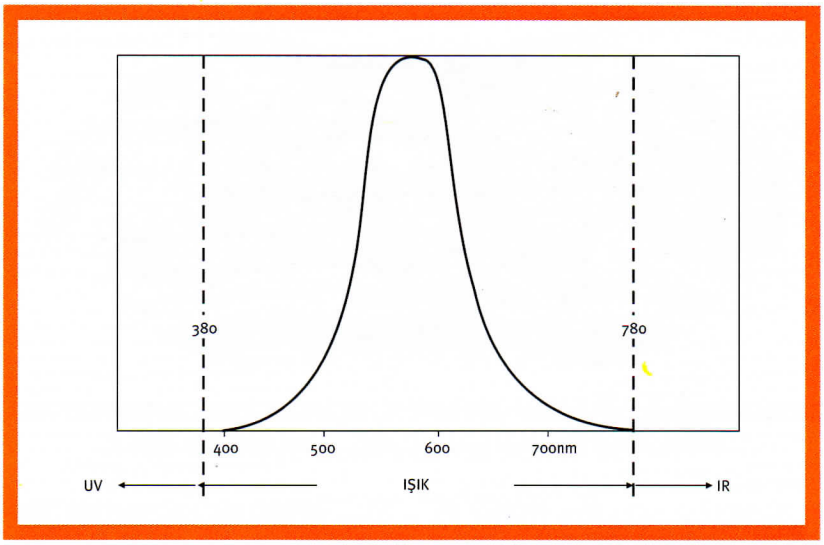
Güneşten yayılan dalga boyları (Şekil-2.) çok geniş olup 0.7 nanometre (nm) ile 1000 nm. arasındadır. Bu ışınımın sadece bir kısmı dünya yüzeyine ulaşabilmekte, önemi bir kısmı dünya atmosferi tarafın-

dan emilmektedir. Dolayısıyla yeryüzüne ulaşan güneş ışığının %10'dan azı ultraviyole (UV), yaklaşık %50'si ışık (görülebilir) ve yaklaşık %40'ı kızıl ötesi (IR) ışınlardır (Meyer and Seitz 1949, von Meysenbug 1978, Schnabel 1981, Zieseniss 1993).

175 nm'nin altındaki kısa dalgalar atmosferin en üst tabakalarında yaklaşık 100 km. yükseklikte oksijen tarafından emilir. 175 nm. ile 290 nm. arasındaki dalgalar atmosferde bulunan ozon tarafından geçirilmez. Kieperheuer ve Meyer, oksijen- ve ozon emme bölgeleri arasında yaklaşık 210 nm. boyundaki dalgaları geçirebilme kabiliyetine sahip fakat çok az ışınım bırakmasından dolayı en hassas metotlarla bile güçlükle ispatlanabilen bir boşluğun olduğunu tespit etmişlerdir.

Atmosferdeki ozon, 1 atm normal basınçta ve sıcaklıklarda bulunduğu durumlarda yaklaşık olarak 3 mm. kalınlığında bir tabakadan oluşur. Ozon miktarı yıl boyunca değişiklik gösterir. Ozon tabakası genellikle 20 ila 30 km'lik bir yükseklikte bulunur. Yeryüzüne yakın ve uzak tabakalara doğru ozon miktarında bir azalma görülür. Atmosfer kalınlığından geçerek yeryüzüne ulaşan UV- ışınım enerjisinde çok büyük dalgalanmalar görülür. Coblentz, Stair, Götz ve Ladenburg'un bildirdiğine göre güneş Zenit'te durduğu anda, UV-ışınım gücü en büyük değerini alır (von Meysenbug 1978).

Güneş radyasyonunun yeryüzüne ulaşması için geçmesi gereken ortamın uzunluğu Hava Miktarı (M) olarak tanımlanır ve güneş yüksekliği (h) 90° (Zenit) olduğu anda M=1 kabul edilir. Farklı güneş yükseklikleri için M=1/Sin (h) eşitliği ile hava

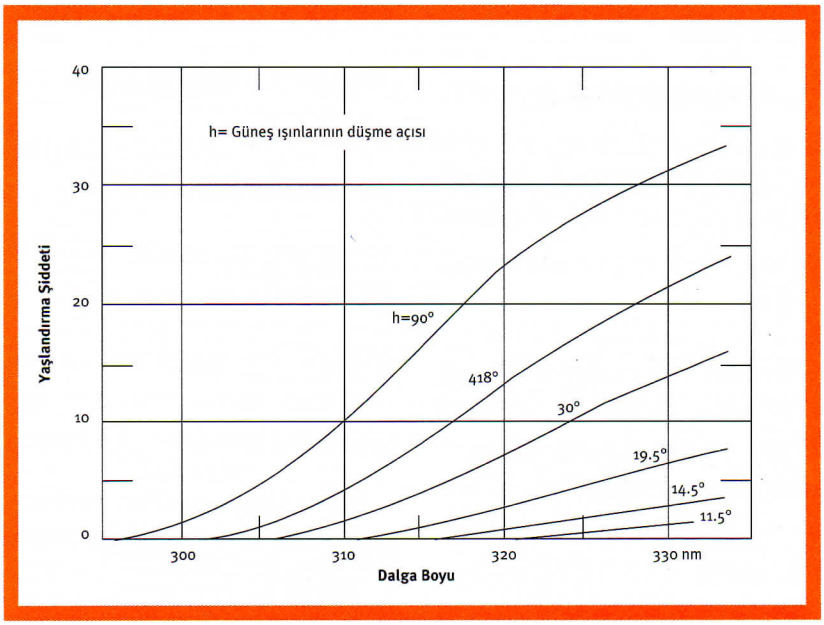


Şekil 2: Güneşten yayılan dalga boyları

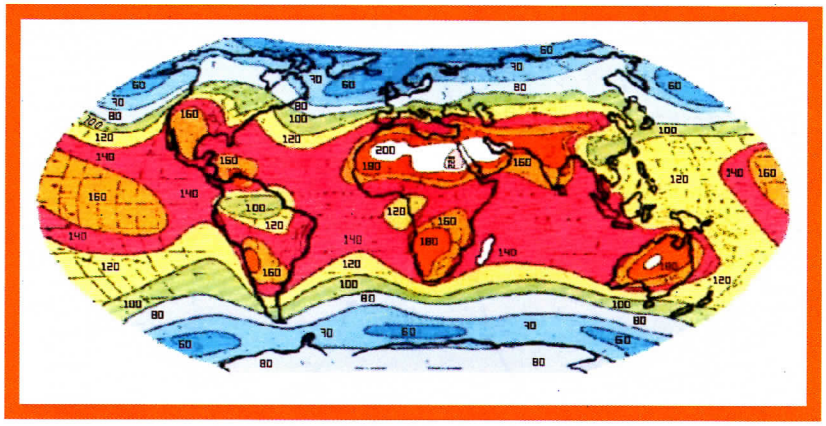
miktarı hesaplanabilir. Güneş spektrumunun UV-B (280 nm. ile 315 nm.) bölgesindeki farklı hava miktarına dolayısıyla güneş yüksekliğine karşı gelen spektral radyasyon gücü Şekil-3'de verilmektedir (Meyer and Seitz 1949, von Meysenbug 1978).

Şekil-3'den radyasyon gücünün sadece güneş yüksekliğine değil aynı zamanda güneş radyasyonunun bize ulaşan kısa dalgalı sınırların Riemerschmid'in belirttiği gibi hava miktarının artması ile uzun dalgalara kayması nedeni ile hava miktarına da bağlı olduğu görülmektedir. Götz, güneş radyasyonunun ispatlanabilmiş en kısa dalga boyunun kutup bölgesinde 286 nm. olarak bulunduğunu bildirmiştir.

Şekil-4'de dünyada global radyasyonun dağılımı verilmektedir. Buna göre en düşük ışık alan bölgeler sadece kutuplar olup



Şekil-3. Güneş spektrumunun farklı Hava Miktarına (dolayısıyla güneş yüksekliğine) karşı gelen spektral radyasyon gücü



Şekil-4. Dünya yüzeyinde genelleştirilmiş global radyasyon dağılımı

60 kCal/cm2/yıl, en yüksek değerler ise 220 kCal/cm2/yıl ile Sudan, Kuzey ve Güney Amerika'da bölgeler ile Afrika'nın güneyi ve Avusturya'dır. Türkiye ise bu değer 120-140 kCal/cm2/yıl (ortalama 130 kCal/cm2/yıl) civarındadır. Bu rakamlar esas alındığında Türkiye'de kullanılacak olan güneş ışığına maruz plastik parçaların tasarımında, imalatında ve kullanımında güneş ışığının etkisinin mutlaka göz önüne alınması gerektiği açıktır. İklimsel değişimlere ve ozon tabakasındaki incelmelere bağlı olarak dünyaya ulaşan radyasyon enerjisinin yıldan yıla arttığı öngörülmektedir.

Işınların ozon tarafından emilmesinin yanında atmosfer boyunca bir kısım ışınlar hava molekülleri veya kükürt parçacıkları tarafından dağıtılırlar. Bu olay esnasında ışınlama enerjisinde bir azalma meydana gelmez.

Daha ziyade ışının ilerleme doğrultusunda bir sapma meydana gelir ve sonunda bunların bir kısmı gökyüzü radyasyonu olarak yeryüzüne ulaşırlar. Işık dağıtma olayı aynı zamanda dalga uzunluğuna bağlıdır ve özellikle UV bölgesinde büyük dağıtma meydana gelir. Bu nedenle ince bir sisleşme de gökyüzü ışınımından ileri gelen UV-Işınlama gücü güneşten ileri gelen gücü doğrudan doğruya geçtiği görülür. Bu nedenle Linke'nin bildirdiğine göre doğada yapılan UV deneylerinde sadece güneşten gelen UV ışınlarını değil aynı zamanda her yönden gelen gökyüzü UV ışınlarının da göz önüne alınması gerektiğini vurgulanmıştır (von Meysenbug 1978).

Işığın Etki Mekanizması

Bir polimer malzeme üzerine gelen ışık ışınları;

- Kısmen üst yüzey tarafından yansıtılır,
- Kısmen hacim içerisinde dağıtılır,
- Kısmen ışınlamaya maruz bırakılan malzeme tarafından geçirilir veya
- Işınlamaya maruz bırakılan malzeme tarafından emilir.

Grotthus-Draper yasasına göre ışık radyasyonunun sadece emilen kısmi fotokimyasal değişime neden olur (Hawkins 1984, Schnabel 1981). Polimer malzemelerinde ışık yutma olayının olabildiği ve hangi durumlarda meydana geldiği etki eden ışığın spektral bileşimine ve radyasyona maruz bırakılan malzemenin kimyasal yapısına bağlıdır. Örneğin karbonil grubunun (C=O) 187 nm dalga boyundaki ve 280 nm ve 320 nm arasındaki bölgedeki ışınları yuttuğu bilinmektedir (Meyer and Seitz 1949, Şahin 1996). Benzer şekilde, (C-C) bağları 195 nm. ile 230 ve 250 nm. arasındaki, hidroksil grubunun (-OH) 230 nm. vs. gibi dalga boylarındaki ışınları yuttuğu bildirilmektedir. Bu tarz makromoleküler gruplara sahip polimerlerde ışık, uygun dalga boyunda etki ettiği taktirde fotokimyasal reaksiyonlar meydana geleceği hesaba katılmalıdır (von Meysenbug 1978).

UV radyasyonunun polimer içindeki nufuziyet ölçümleri merkezde, aydınlatılmış yüzeyin yaklaşık yarısı kadar bir şiddet gösterdiği ve gelen radyasyonun yaklaşık üçte birinin arka yüzeyine ulaştığı tespit edilmiştir (Hawkins 1984).

Bileşimlerine bağlı olarak her malzeme için fotokimyasal reaksiyon başlatabilen belirli bir ışık dalga uzunluğu bölgesi vardır. Tablo-2. bazı polimerlerin maksimum bozulmasına yol açan ve deneysel olarak bulunmuş ışık dalga uzunluğu değerlerini göstermektedir (von Meysenbug 1978, Hawkins 1984).

Summer, Myrback, Kulkarni ve Bomar her bir polimer için bu etkili dalga uzunluğu

Tablo 2: Çeşitli polimerlerin maksimum bozulmasına yol açan ışık dalga uzunlukları

Polimer	Etkili ışık dalga uzunluğu (nm)
Polietilen (PE)	300
Polipropilen (PP), termik bozulmaya karşı stabilize edilmemiş	370 (280)
Polivinil klorür (PVC)	310 ve 370

değerlerinin sadece yaklaşık bir değer olduğunu, çünkü farklı nedenlere (örneğin; kalıntıların mevcudiyetinden, imalat şartlarında zorunlu değişiklikler sonucu katkı maddelerinin bileşimlerinden vb.) değişebileceklerini bildirmişlerdir (von Meysenbug 1978).

Deneysel Çalışma / Malzemeler

Çalışmada kullanılan temel polimer, naturel renkte ve granül halde Borealis firması tarafından RA130E ticari ismi ile üretilen polipropilen random kopolimer (PP-R)'dır. Önemli bazı fiziksel ve mekanik özellikleri, enjeksiyonla kalıplama yöntemiyle üretilen standart deney numunelerinden elde edilmiş üretici verileri Tablo-3.'de bir araya getirilmiştir.

Bu çalışmada renklendirmenin ve renklendirme metodunun PP-R'in mekanik özelliklerine etkisi araştırılmamıştır. Renklendirme metodundan başka renklendirmede kullanılan renklendirici tipinin de malzemenin tüm mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Genel olarak inorganik renklendiriciler organik renklendiricilere göre daha iyi mekanik özellikler vermektedir (Domininghaus 1992).

Farklı tip ve renkteki renklendiricilerin PP-R 'in mekanik özelliklerine etkisini tespit edebilmek için organik ve inorganik tipte beyaz (M1), yeşil (M2), mavi (M3) ve siyah (M4) renkte renklendiriciler (masterbeç) kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan yerli üreticiler tarafından granül halinde üretilen ve PP-R için hazırlanmış renklendiricilerin temel bazı özellikleri Tablo-4.'de verilmiştir.

Tablo-3. PP-R malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerine ait üretici verileri

	Test Metodu	Test Şartları	Birim Sistemi	RA130E Naturel
Çekme Akma Gerilmesi	ISO 527-2	50 mm/dak	MPa	25
Çekme Akma Uzaması	ISO 527-2	50 mm/dak	%	13.5
Çekme Elastisite Modülü	ISO 527	1 mm/dak	MPa	900
Charpy çentikli darbe dayanımı	ISO 179/1eA	+23oC	kJ/m2	20
Charpy çentikli darbe dayanımı	ISO 179/1eA	-20oC	kJ/m2	2
Sertlik	ISO 868	Shore D	----	60
Vicat Yumuşama Sıcaklığı	ISO 306	B (50 N)	OC	65
MFI	ISO 1133	230 C, 21.6 kN	gr/10 min	0.2

Tek vidalı sürekli ekstrüzyonda üretici tarafından tavsiye edilen ve Tablo-5.'de verilen enjeksiyon parametreleri kullanılmıştır (Janson 1995).

Tablo-6.'da verilen enjeksiyon parametrelerinde teknik özellikleri Tablo-7.'de verilen ERAT FE130/95 model enjeksiyon makinesi kullanılmıştır.

Deney Numunesi Hazırlama

Bu çalışmada iki grup deney numunesi hazırlanmıştır. Birinci grup deney numunesi için naturel malzemeden enjeksiyonda Şekil-5'de görülen deney numune grubu ile; ikinci grup deney numunesi için ise naturel malzemeye enjeksiyon esnasında farklı tipte ve renkteki ağırlıkça %1 oranında renklendiriciler enjeksiyon anında ilave edilerek malzemenin renklendirilmesi sağlanmıştır. Birinci ve ikinci grup deney numunelerinin hazırlanmasında, imalatçı tarafından tavsiye edilen ve

Renk Numunesi ve Renk Ölçümü

Renk ölçümlerinde, enjeksiyon kalıplama ile 40 mm x 60 mm x 2 mm boyutlarında elde edilmiş numuneler kullanılmıştır. Numuneler üzerinde bulunan 40 mm x 20 mm boyutlarındaki pürüzsüz parlak yüzeyden, BYK Gardner markalı Handy-Color 9200 model Renk Metre cihazı ile ölçümler yapılmıştır. Renk metreden parlak yüzeye D65/10° (güneş ışığı tipi/ışın gönderme açısı) yöntemi ile gönderilen ışık hüzmesinin yansımasını algılayan renk metre algıladığı renkleri, rakamlara

Tablo-4. Çalışmada kullanılan renklendiricilere ait bazı veriler

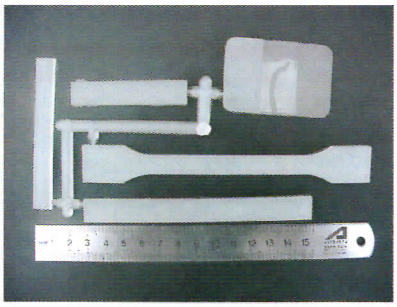
	M1	M2	M3	M4
Mamul rengi	Beyaz	Yeşil	Mavi	Siyah
Pigment tipi	İnorganik	Organik/İnorganik	Organik/İnorganik	İnorganik
Toplam pigment [%]	60	50	30	40
MFI [g/10 dak] (230°C, 21.2 N)	6.0	17.9	34.1	<0.01

Tablo 5: PP-R boru üretiminde üreticisi tarafından tavsiye edilen, ekstrüzyon çalışma sıcaklıkları

	Sıcaklık [°C]
Silindir	180, 190, 200, 210
Kafa	210
Kalıp	210
Eriyik	210-220

Tablo 6: PP-R boru üretiminde üreticisi tarafından tavsiye edilen, enjeksiyon çalışma sıcaklıkları

	Sıcaklık [°C]
Silindir	180, 190, 200, 210
Kafa	210
Kalıp	210
Eriyik	210-220



Şekil-5. Enjeksiyonla üretilen deney numunesi grubu. a) Charpy darbe, b) Sertlik, c) Çekme, d) Vicat yumuşama sıcaklığı ve e) Renk numunesi. Numunelere ait kalınlıklar sırasıyla 4.0 mm., 3.3 mm., 4.0 mm., ve 4.0 mm'dir.

Tablo 7: ERAT FE130/95 model enjeksiyon makinesinin teknik özellikleri

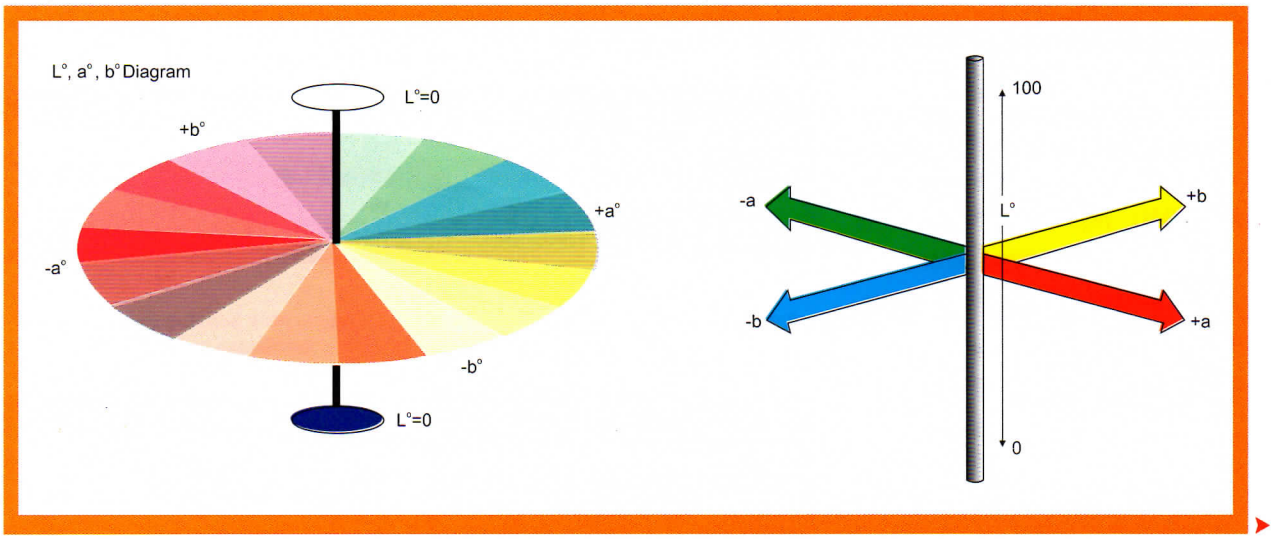
Enjeksiyon Ünitesi	Birim Sistemi	Boyutları
Vida çapı	mm	45
Vida stroku	mm	140
Vida hızı	devir/dak	0-175
Eritme kapasitesi	kg/h	17
Maksimum strok hacmi	cm3	22
Spesifik enjeksiyon basıncı	kg/cm2	772
Enjeksiyon meme dayanma kuvveti	ton	2.1
Mal itme kuvveti	kN	13
Isıtma gücü	kW	4.2
Isıtma bölgesi sayısı	bölge	3

dönüştürerek Şekil-6.'de verilen (L), (a) (b) koordinatlarında vermektedir. Burada; L, 0 ile 100 rakamları arasında değişen ve 0 rakamı mutlak siyahı 100 rakamı ise mutlak beyazı yani sırasıyla koyu ve açıklığı belirtir. a, eksi ile artı rakamlar arasında değişen ve eksi değerler yeşili, artı değerler ise kırmızı miktarını gösterir. b 'de a gibi eksi ile artı rakamlar arasında değişen ve eksi değerler maviyi artı değerler ise sarı miktarını sembolize eder.

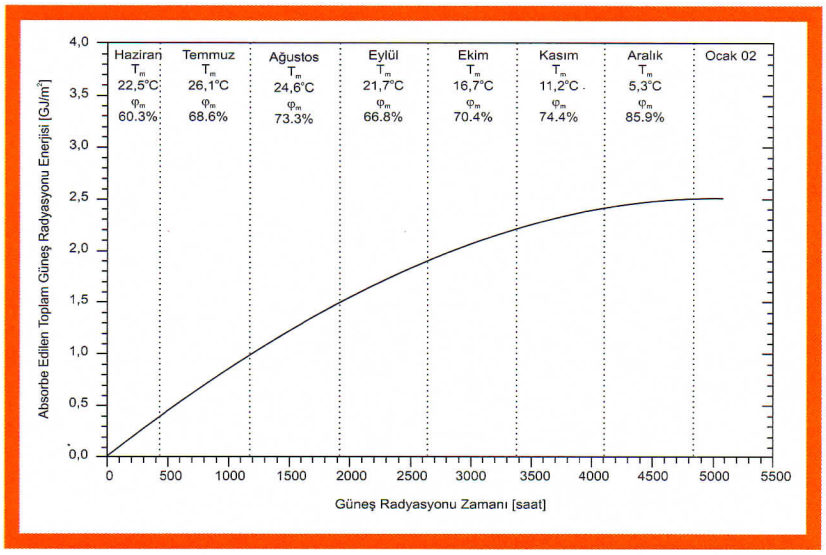
Renk ölçümleri, farklı tip ve renkte renklendirilmiş PP-R malzemelerin, güneş ışığı altındaki doğal yaşlandırma süresince orijinal renklerini (renk haslığını) zamanla koruyup koruyamadığını gözlemek ve ayrıca hangi durum(lar)da renklendiricilerin PP-R'in fiziksel ve mekanik özelliklerini güneş ışığının zararlı etkilerinden daha iyi koruyabildiğini tespit edebilmek amacıyla yapılmıştır.

Erime Akış İndeksi (MFI) Numunesi ve Deneyi

MFI numunesi olarak enjeksiyon kalıplama ile elde edilmiş sertlik numuneleri kullanılmış olup boyutları 13 mm x 62 mm x 3.2 mm'dir. MFI deneyi, TS 1323 standardı dikkate alınmış ve deneylerde Zwick marka 4105 model erime akış indeksi deney cihazı kullanılmıştır. PP-R malzemeler için deneyler 230°C ve 21.19 N yükte gerçekleştirilmiştir. 20 mm. ön ısıtma batma derinliği, 116 mm. hurda alma mesafesinden sonra belirli aralıklarla üç adet numune 240 s bekleme süresi içinde alınmıştır ve değerler [g/10dk] olarak ifade edilmiştir. Bu deney, özellikle plastik hammaddesi üreten ve işleyen firmaların, üretimlerinin aynı kalitede olmasını kontrol edebilmeleri açısından çok faydalı olup plastiğin erimiş haldeki viskozitesi ölçülmektedir. MFI deneyi, polimerin bozulma tipini (zincir kopması, çapraz bağlama gibi) ve bozulmanın genişlemesini karakterize etmek için kullanılan basit ama uygun bir metottur. MFI polimerin moleküler ağırlığının tersi ile ilişkilidir ve erimiş



Şekil 6: Renk eksenleri

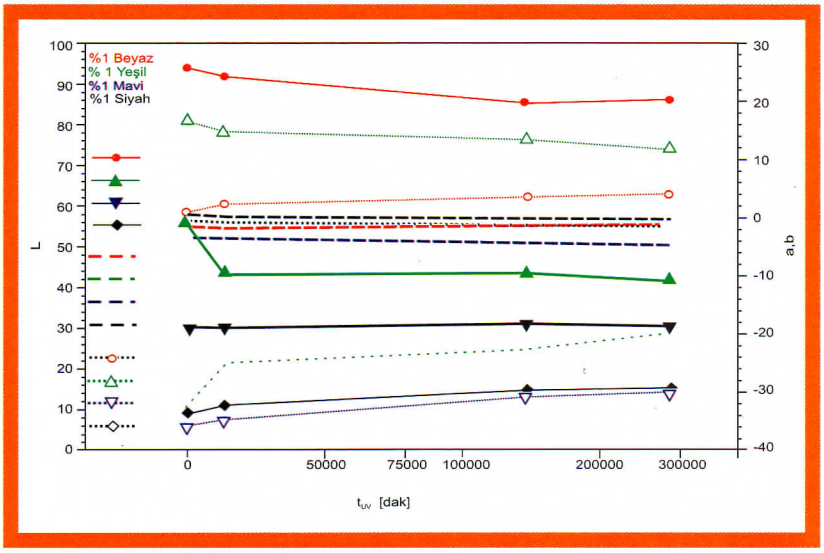


Şekil 7: Bu çalışmada esas alınan absorbe edilen toplam güneş radyasyon enerjisinin güneş radyasyon süresine bağlı olarak değişimi. T_m ve $_m$ sırası ile ortalama sıcaklık ve nem miktarıdır.

polimerin akış karakteristiklerini gösterir. Genel bir kural olarak, akmaya direnci daha fazla olan plastiğin (küçük MFI) molekül ağırlığı; direnci daha küçük olana göre (yüksek MFI) daha fazladır (Savaşcı ve diğerleri, 2002).

Doğal Yaşlandırma

Birinci ve ikinci grup deney numuneleri deniz seviyesinde ve sanayi atmosferinde bulunan Kocaeli merkez ilçesinde yerleşik olan Kocaeli Üniversitesi Veziroğlu Yerleşkesi'ndeki 40 45 05 N / 29 54 94 E koordinatlarındaki numunelerin güneş ışığından en fazla etkilenmesini sağlayacak şekilde özel olarak hazırlanmış bir askıya numunelerde ön gerilme oluşmayacak şekilde bir ucundan asılmıştır. Malzemeler Haziran 2001-Ocak 2002 tarihleri arasındaki atmosfer koşullarında incelenmiştir. Bu tarihlerdeki güneşten absorbe edilen enerji, aylık ortalama nem (m), aylık ortalama sıcaklık (Tm) değerleri Şekil-7'de verilmektedir. Deneye tabi tutulacak bütün numuneler asıldıktan itibaren sırasıyla 15 gün, 1 ay, 2 ay, 4 ay ve 8 ay sonra beşer adet renk ve MFI numunesi alınarak deneylere tabi tutulmuşlardır.



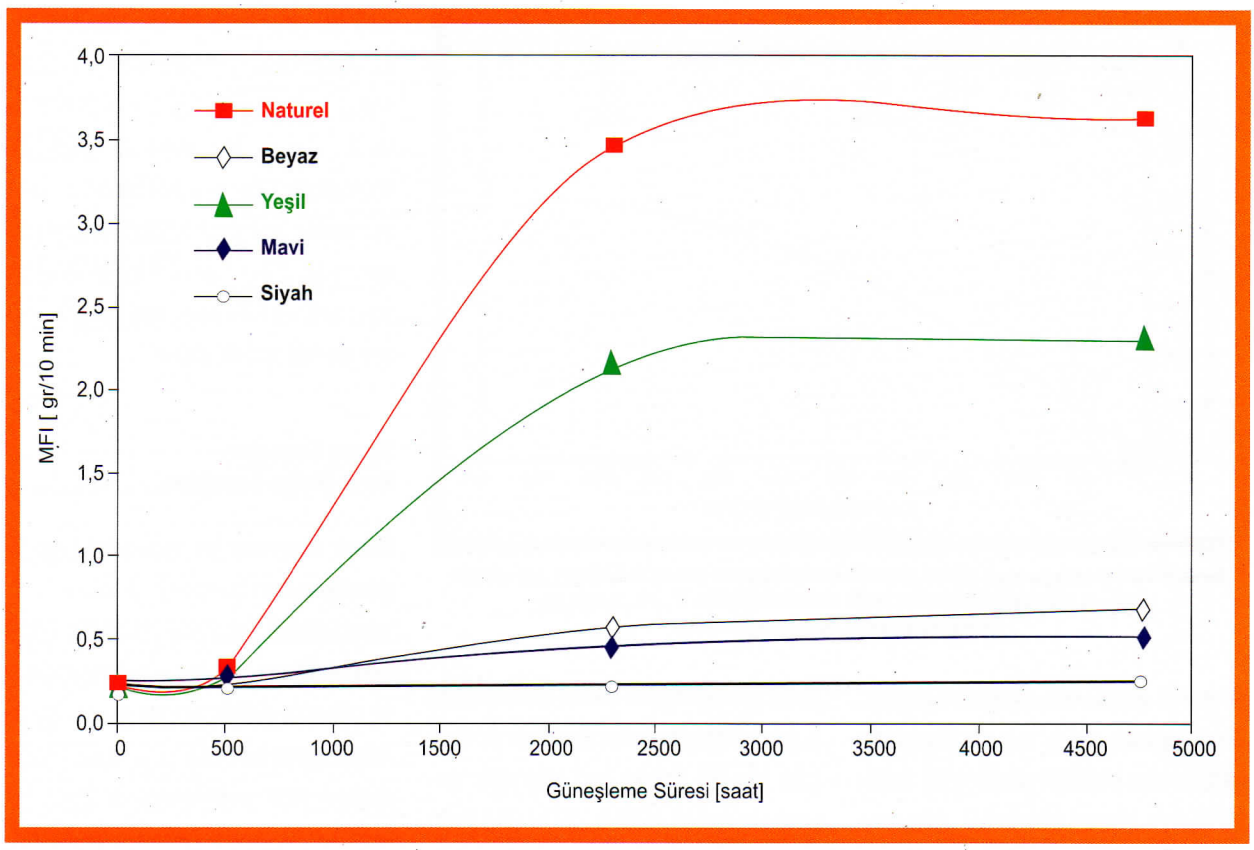
Şekil 8: Güneş ışığı radyasyonuna bırakılan ağırlıkça %1 renklendirici katkılı malzemelerin renk şiddeti-zaman grafikleri

Deney Sonuçları
Renk Ölçüm Sonuçları

Deney numunelerine uygulanan renk ölçümü sonucunda elde edilen renk şiddeti-zaman grafiği Şekil-8'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde, uzun süreli güneş ışığında ve bilhassa yüksek oranda güneş ışığına maruz kalma süresine bağlı olarak malzemelerin renk şiddetlerinde sırasıyla %1 yeşil ve %1 beyaz malzemelerde belirgin bir değişimin olduğu buna karşılık koyu renkteki %1 siyah ve bilhassa da %1 mavi masterbeç ile renklendirilen malzemelerin renk şiddetlerinde belirgin bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir.

MFI Deneyi Sonuçları

Farklı renklerdeki boyar katkıların PP-R malzemenin UV performansına etkisi MFI deneyi ile belirlenmiştir. MFI testleri renklendirilmemiş (naturel) numuneler ile %1 oranında mavi, siyah, yeşil ve beyaz renklerde boyar hammadde içeren numuneler üzerinde yapılmıştır. Bu şeklide farklı renklerdeki numunelerin MFI ölçüm değerlerinin güneş ışığı altında kalma süresine bağlı olarak değişimi Şekil-9'da verilmiştir. Şekilden de görüleceği MFI değerleri en fazla artan numunelerin naturel ve yeşil renkteki, en az etkilenenlerin ise siyah,



Şekil 9: Güneş ışığı altında kalma süresinin naturel ve %1 oranında farklı renklerde renklendirici katılmış PP-R malzemenin MFI değerlerine etkisi

mavi ve beyaz renkteki numuneler olduğu anlaşılmıştır.

Sonuç

Plastikler direkt güneş ışığına ve atmosferin bozucu etkilerine maruz bırakıldıklarında güneşin UV etkisi, polimer zincirlerini provoke ederek kırılmalarına sebep olabilir. Ayrıca polimerik parçalarda renk kayıplarına, kırılganlıklara ve sonuçta hasarlara yol açabilir. Yüksek sıcaklıklar ve oksijen bozulmayı hızlandırır.

Güneş ışığı radyasyonu, diğer polimerik malzemeler gibi PP-R malzemelerin de mekanik özelliklerini etkilediği ve bu etkilerin malzemelerin doğru renklendirilmesiyle kısmen azaltılabileceği söylenebilir. Renklendirilmemiş malzemelere kıyasla renklendirilmiş malzemenin UV performansının daha iyi olduğu, başta siyah renk olmak üzere koyu renkteki renklendiriciler açık renklere göre güneşe dayanım açısında daha iyi bir performans sağladığı tespit edilmiştir. Polimerik malzeme UV performansını tespit ermenin en etkin yöntemlerinden birinin de hammaddenin MFI değerinin güneşte bırakılma süresince değişimin olacağı bu çalışma ile ortaya konmuştur. Bu sayede MFI değerlerindeki değişimlerinin tespitinin, farklı renklendiricilerin ve UV stabilizatörlerinin etkilerinin mukayeseli olarak ortaya konmasına imkan sağlayacaktır.

Kaynaklar / *Resource*

♦ BRYCHCY, K., 1995. Kunststoffe einfaerben, Kunststoffe 85, 7, 924-930.

♦ DOMININGHAUS, H., 1992. Die Kunstsoffe und ihre Eigenschaften, 4. Auflage, VDI Verlag, ISBN 3-18-401186-0, Düsseldorf.

♦ HAWKINS, W. L., 1984. Polymer Degradation and Stabilization. Springer Verlag, ISBN 0-387-12851-4, Berlin.

♦ JANSON, L. E., 1995. Plastics Pipes for Water Supply and Sewage Disposal, Borealis, Stockholm.

♦ LIND, C., 1995. PP-R Sanitary Pipe Systems-The Continuing Success Story, Plastics Pipes IX, Edinburgh, Scotland, UK 18-21 September 1995.

♦ MEYER, A.E.H. and SEITZ, E.O., 1949. Ultraviolette Strahlen, Walter de Gruyter and CO., Berlin.

♦ SCHNABEL, W., 1981. Polymer Degradation, Hanser International ISBN 0 02-949640-3, New York.

♦ ŞAHİN, Ş., 1996. Ultraviyole (UV) Işınının Polietilen (PE) Doğal Gaz Borularının Mekanik Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

♦ SAVAŞCI, T.Ö., UYANIK, N. ve AKOVALI, G., 1999. Plastikler ve Plastik Teknolojisi PAGEV Yayınları, Istanbul.

♦ VON MEYSENBUG, C.M., 1978. Die Bestaendigkeit von Kunststoffen und Gummi, Carl Hanser Verlag, ISBN 3-446 12394-6, München.

♦ ZIESENISS, C.H., 1993. Beleuchtungstechnik für den Elektrofachmann, Hüthig Buch Verlag Gmbh, ISBN 3-7785-2221-3, Heidelberg.

Plastik

PAGEV Plastik Araştırma - Geliştirme ve İnceleme Dergisi
Yıl:14 ♦ Kasım-Aralık 2004 ♦ Sayı 77 ♦ İki Ayda Bir Yayınlanır
Plastik Araştırma-Geliştirme ve İnceleme Dergisi, PAGEV'in Yayın Organıdır
PAGYAY Yayıncılık Turizm ve Ticaret Ltd. Şti. adına,

Sahibi
Hayrullah YELKENCİ

Genel Koordinatör
Feridun BİRİCİK

Yayın Yönetmeni
Yazı İşleri Müdürü
Ertan GÜNEŞ

Yazı İşleri Asistanı
Arzu YILMAZ

Reklam ve Halkla İlişkiler
Cengiz KALAYCI

Yayın Yürütme Kurulu
Mak. Y. Müh. Selçuk AKSOY
Dr. Zafer ÇİÇEK
Kim. Yük. Müh. Tülin BİLGİÇ
Nurfan UMAR

Yayın Danışma Kurulu
Prof. Dr. Atilla GÜNGÖR / M.Ü.
Prof. Dr. Duygu KISAKÜREK / O.D.T.Ü.
Prof. Dr. Erhan PİŞKİN / H.Ü.
Prof. Dr. Güneri AKOVALI / O.D.T.Ü.
Prof. Dr. Hüseyin YILDIRIM / Y.T.Ü
Prof. Dr. İsmail DALAY / S.Ü.
Prof. Dr. M.Ali GÜRKAYNAK / İ.Ü.
Prof. Dr. Mehmet Emin YURCİ / Y.T.Ü.
Prof. Dr. Murat ORBAY / İ.Ü.
Prof. Dr. Nurseli UYANIK / İ.T.Ü.
Prof. Dr. Paşa YAYLA / K.Ü.
Prof. Dr. Tekin ARDA / Newport Ün.
Yrd. Doç. Dr. Çetin KARATAŞ / G.Ü.
Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖKSÜZ / M.Ü.T.E.F.
Yrd. Doç. Dr. Recep YENİTEPE / M.Ü.T.E.F.
Yrd. Doç. Dr. Soner ÇELİKKOL / K.Ü.
Dr. Mevlüt ÇETİNKAYA / PETKİM
Dr. Yakup ÜLÇER / RESİNEX
Metin BİLGİLİ / ARÇELİK
Ekin KURT / CLARİANT
Elçin OĞUZHAN / TEKNOPOLİMER

Grafik Çalışma
PAGYAY Yayıncılık

Film
Güven Röprödüksiyon

Baskı
Kaptan Ofset

Merkez
Halkalı Cad. Tez-İş İş Merkezi No: 132/1 Kat:4
Sefaköy 34295 İstanbul
Tel.: 0212.425 13 13 - 3 Hat Faks: 0212.624 49 26

İletişim
e-mail: pagyay@pagev.org.tr
e-mail: pagyay@superonline.com
e-mail: pagev@pagev.org.tr
http://www.pagev.org.tr

Banka Hesap No
PAGYAY Turizm ve Ticaret Ltd.Sti.
Garanti Bankası Sefaköy Şubesi - 6200599

Pagev Plastik Dergisi'nde yayınlanan yazılardaki görüşler yazarlarına, yayınlanan ilanların sorumluluğu ise ilan verene aittir. Pagev Plastik Dergisi hakemli bir dergidir. Dergimize gönderilen makaleler ihtiyaç duyulduğu takdirde uzmanlık alanlarına göre Yayın Danışma Kurulu üyelerine veya konusunda uzmanlaşmış kişilere incelettirildikten sonra yayınlanır. Dergimize gönderilen yazılar yayınlansın veya yayınlanmasın iade edilmez.
Bu dergide kullanılan yazılardan kısmen ya da tamamen izin alınmadan ve kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz.
Yazı ve fotoğrafların tüm hakları, Pagev Plastik Dergisi'ne aittir.

Plastik Dergisi, Basın Ahlak Yasasına uymayı taahhüt eder. ♦ ISSN:1302-6925

Bu Sayıda...

BAŞYAZI 9

PAGEV'DEN
Türkiye Plastik ve Kauçuk Rehberi ve CD'si 2005 ÇIKTI 10
Rekora Doymayan Bir Sektör: Türk Plastik Sanayii 12
İran Plast'2004 Fuarı'na Gidiyoruz 16
Selçuk AKSOY: Hedef 2010'da Avrupa'da İlk Üçte Yer Almak 18
PAGEV'in Yeni Eğitim Kompleksi Projesi 20
Bilinçsiz ve Yanlış Yorumlanan Plastik ve Çevre İlişkisi 24

SEKTÖRÜN DUAYENLERİ
Hayrullah YELKENCİ: PAGEV ve PAGDER Ufkunu Genişletti 28

SEKTÖRDEN
Plast Avrasya İstanbul 2004 Fuarı 1-5 Aralık'da 34
2004 Ambalaj Yarışması 40
Chumpower Hastek ile Yoluna Devam Ediyor 46
Ambalaj Fuarı Düzenlendi 48

DÜNYADAN
Plastics Industry Show Moskova'da... 54
Arabplast 2005 Dubai'de... 56
Central Asia Plast Kazakistan'da... 58
Kalıp Değiştirmede Minimum Zaman Kaybı 60
Maguire Yeni Nesil Kurutucular 62
Tamamen Siyasi Bir Karar 64
K-2004 Fuarı Yapıldı 68

SERBEST KÜRSÜ
Düsseldorf K-2004 Fuarı İzlenimleri 72

YENİ ÜRÜN
Granumatic Parçalayıcı ile Enerji Tasarrufu 74
Saydam Polimer Camda Yenilik 76
Yeni Nesil Malzemeler 78
Kozmetik Ambalajda Tasarım Özgürlüğü 80
Basf Terluran Kaplamalık ABS 82
Fredcolor Renk Problemlerini Çözüyor 84

MAKALE
Kompozit Malzemelere Genel Bir Bakış 86
Polimerlerde Yaşlanma Mekanizmaları 94
Plastik Enjeksiyon Prosesinde Makina Seçimi 112
Fonksiyonel Akrilik Monomerler 118
Lastiklerin Geri Dönüşümü 134
Polimer Malzemelerde Birleştirme 142
Kablo İzolasyonunda Kullanılan Polimerler 150
Güneş Işığının Plastiklerin Performanslarına Etkileri 156
Yeni Bir Test Prosedürü 166
Enjeksiyon Memeleri 170
Geri Kazanımda Çağdaş Yaklaşımlar 174

FUAR TAKVİMİ 189

PAGEV YAYINLARI 190

DÜNYADAN EKONOMİ
Dünyadan Ekonomik ve Finansal Göstergeler 192

ABONE FORMU 197

REKLAM İNDEKSİ 200