

Kuvars Yüzeylerde Mekanik Dayanım ve Yüzey Özelliklerinin İyileştirilmesi

Esra ARICI¹, Duygu ÖLMEZ¹, Murat ÖZKAN^{1*}, Nurcan TOPÇU¹, Furkan ÇAPRAZ¹, Gökhan DENİZ¹, Arman ALTINYAY¹

¹Peker Yüzey Tasarımları Sanayi ve Ticaret A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Manisa.

*e-posta: murat.ozkan@belenco.com

Geliş Tarihi: 11.08.2019; Kabul Tarihi: 02.09.2019

Öz

Kuvars yüzeyler farklı tane boyutlarında; 38, 100-300, 300-700 ve 600-1200 µm, kütlece %90 ince kuvars agregaları ve %10 doymamış polyester reçine karışımından oluşan bir kompoze taş türüdür. Mevcut kuvars yüzey plakalarında sadece 100-300 µm tane boyutu kullanımı; yüzeylerde en homojen görünümü ve en yüksek mukavemeti sağlamaktadır. Bu projede mukavemeti geliştirmek ve görünümü daha yekpare yapabilmek için 100-300 µm den daha ince kuvars araştırılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada 100-300 µm tane boyutlu kuvarsın kullanıldığı Belenco® Kuvars Yüzeylere ait *Fairy White* ve *Mocca Mousse* ticari ürün görselleri üzerinde çalışılmıştır. Sadece 63-200 µm tane boyutlu kuvars ile 63-200 ve 100-300 µm tane boyutlu kuvars karışımının kullanıldığı *Fairy White* ve *Mocca Mousse* için Bolomey teoreminden yararlanılarak kuvars yüzey plakaları elde edilmiştir. Sonrasında mekanik ve fiziksel testleri gerçekleştirilmiştir (darbe dayanımı, eğilme dayanımı, aşınma direnci, su emme ve görünür yoğunluk). Sadece 63-200 µm tane boyutlu kuvarsın kullanıldığı numunelerin mekanik test sonuçları, standart ürünler ile kıyaslandığında eğilme ve darbe dayanımları artmıştır. Ancak numune yüzeylerinde kuruluk problemi gözlenmiştir. Öte yandan 63-200 ve 100-300 µm tane boyutlu kuvarsların bir arada kullanıldığı numunelerin eğilme ve darbe dayanımları iyileşirken; aynı zamanda yüzey sorunları da azalmıştır. Yüzey problemlerini ortadan kaldırmak amacıyla 63-200 ve 100-300 µm tane boyutlu kuvarsların bir arada kullanıldığı ürün formüllerine ıslatıcı fonksiyonu yüksek reçine katkısı yapılmıştır. Reçine katkısı ile ürünlerin mevcut yüzey özelliklerinin ve mekanik dayanımının arttığı gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler

Kompoze taş; Kuvars;
Kuvars yüzeyler;
Mekanik dayanım;
Tane Boyutu; Yüzey özellikleri.

The Improvement of Mechanical Strength and Surface Properties on Quartz Surfaces

Abstract

Quartz Surfaces consisting of 90% quartz aggregates in different particle size ranges; 38, 100-300, 300-700 and 600-1200 µm, with 10% polyester resin are a kind of composite stone. Available composite stone slabs using only 100-300 µm quartz have the most homogeneous appearance and the highest mechanical strength. In this project, finer than 100-300 µm; 63-200 µm quartz was studied to increase the mechanical strength and get more homogeneous slabs on the commercial product patterns of *Fairy White* and *Mocca Mousse* from Belenco® Quartz Surfaces. Bolomey Theorem was used to revise formulations of them. Their prototype experiments were applied. Then, their operational tests were performed. Results were compared to original products in terms of impact and flexural strength and abrasion resistance, water absorption and density. The mechanical strength showed better result than original products but dryness on the surfaces were observed. In the next step, 63-200 and 100-300 µm quartz were blended in the rate of total quartz. Their mechanical properties brought to a successful conclusion while observed surface problems decreased. In order to solve all surface problems, a resin with high wetting was added into formulations of *Fairy White* and *Mocca Mousse* which consist of 63-200 and 100-300 µ quartz. The mechanical strength and surface properties were developed with both of blending 63-200 and 100-300 µ quartz and adding the wetting resin.

Keywords

Composed stone;
Mechanical strength;
Particle size; Quartz;
Quartz surfaces;
Surface properties.

1. Giriş

Granit ve mermer gibi doğal taşlara, yapı malzemesi ve dekorasyon elemanı olarak alternatif olan kompoze taşlar; kuvars yüzeyler, mühendislik taşları ve yapay mermer ya da taş gibi ticari isimler alabilmektedir. Bu tür karma malzemelerin üretimi İtalya kökenli olup, 1960'lı yıllara dayanmaktadır. Özellikle 1990'lı yıllarda Kuzey Amerika'da popüler hale gelmeye başlamıştır (Santos *et al.* 2009).

Kuars minareli çoğu ticari üründe ana bileşen olarak tercih edilmektedir. Ticari yüzeylerde içeriği kütlece %90-94 arasında değişmektedir. Tercih edilmesinin en önemli sebeplerinden birisi yüksek sertlik değeridir (Lam dos Santos *et al.* 2011). Kimyasal içeriğinin neredeyse tamamı Silisyum dioksit bileşiğinden oluşmaktadır. Yüksek kimyasal dayanıma sahiptir. Yeryüzünde en çok bulunan mineraller arasındadır (Int Kyn. 1). Mineralleri sistem içinde bağlamak için matris olarak polimer reçine sistemleri (özellikle doymamış polyester reçine) kullanılmaktadır (Lam dos Santos *et al.* 2011, Peng and Qin 2018). Yüzeylerin üretimi için vakum altında titreşimli-sıkıştırma işlemi uygulanmaktadır. Bu teknoloji doğal taşlara göre çok daha iyi performansta plakalar üretilmesini sağlamaktadır (Lee *et al.*, Peng and Qin 2018, Int Kyn. 2).

Kuars yüzeylerin üretiminde kuvars ve bağlayıcı reçineye ek olarak farklı katkı ve pigmentler kullanılarak istenilen taleplere bağlı olarak çeşitli desen ve renkte yüzeyler elde etmek mümkündür. Gözeneksiz yapıları sayesinde mutfak ve banyo gibi yerlerde tezgâh olarak kullanılabilir. Bunun yanında yer ve duvar kaplaması olarak kullanılmaya uygundur (Int Kyn. 2, 3, 4).

Kuars yüzeylere olan talebin artması ile birlikte mevcut özelliklerinin geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Birçok çalışmada tane boyutunun

mekanik ve yüzey özellikleri üzerine etkisi gösterilmiştir (Buranasrisak *et al.* 2012, Chaubey *et al.* 2016, Peng *et al.* 2018, Stathis *et al.* 2004, Int Kyn. 5, Int Kyn. 6).

Bu çalışmada; geçmişte yapılan çalışmalardan elde edilen motivasyon ile kuvars yüzeyler üzerinde mekanik dayanım ve yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1 Malzeme

Çalışmada 63-200 µm ve 100-300 µm tane boyutu aralığında kuvars granülleri (Mikroman®, %99,5 SiO₂) kullanılmıştır. 63-200 ve 100-300 µm tane boyutlu kuvarslar kütlece 1:3 oranında karıştırılmıştır. Retsch® titreşimli elek cihazı ile tane boyutu dağılımı ölçülmüştür. Tane boyutu dağılımları Çizelge 1 de verilmiştir. Bağlayıcı olarak döküm tipi doymamış polyester reçine (Poliya®, viskozite; 600-800 cps) ve dolgu malzemesi olarak 38 µm tane boyutunda kuvars tozu (Mikroman®, %99,5 SiO₂), yüzey özelliklerini iyileştirmek üzere; ıslatma fonksiyonu yüksek olan doymamış polyester reçine (BÜFA®, viskozite; 90-120 cps) kullanılmıştır.

Çizelge 1. Kuvars örneklerinin kütlece tane boyutu dağılımı (%).

Elek Boyutları	63-200 µm	100-300 µm	63-200 + 100-300 (1:3) µm
+300 µm	0,82	3,90	4,40
-300+200 µm	14,06	39,00	54,35
-200+100 µm	62,11	56,30	31,10
-100 µm	23,01	0,80	10,15

2.2 Boşluk oranı tespiti

Tanecik paketlenmesi için 63-200 µm ve 100-300 µm tane boyutu aralığına sahip granüller tek başına ve kütlece olarak 1:3 oranında karıştırılarak kullanılmıştır. Taneciklerin birbiri içerisinde paketlenmesi sonrasında hacimsel boşluk oranı

ölçülmüştür. Bunun için sabit hacimli (1020 ml) çelik bir kap kullanılmıştır. Ölçüm için 2000 gr kuvars granülüne ve karışıma (500 g (63-200 µm + 1500 g (100-300 µm)) 20 g saf su ilave edilmiştir. Homojen şekilde karıştırıldıktan sonra kademeli olarak sabit hacimli (1020 ml) kap içerisine eklenip, çelik çubuk yardımıyla sıkıştırma yapılmıştır (Şekil 1).



(a) (b) (c)

Şekil 1. Sabit hacimli kap (a), sıkıştırma işlemi (b) ve su ile boşlukları doldurma işlemi (c) görselleri.

Kap hacminin tamamen dolması sonrasında mevcut kütle üzerinden alabildiği kadar saf su ilave edilmiştir. Eklenen toplam su kütlelerinden (saf su yoğunluğu; 1 g/cm³) boşluk hacmi bulunmuştur. Çizelge 2 de boşluk oranları karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 2. Taneler arası hacimce boşluk oranları.

Kuvars içeriği	Hacimce Boşluk Oranı (%)
100-300 µm	35,33
63-200 µm	37,43
63-200 µm +100-300 µm	35,92

2.3 Kompoze taş eldesi

Kompoze taş hamurlarının boşluk oranlarına göre reçine ve dolgu malzemesi ihtiyaçlarını bulmak için *Bolomey* teoreminden faydalanılmıştır. Hacimce kompozisyon üzerinden kütlece oranlara ulaşılmıştır. Hacimsel granül oranı tanelerin şekilsel dağılımını telafi etmek için 0,88 olarak seçilen güvenlik faktörü ile çarpılmıştır. İki farklı aralıktaki kuvars karışımında ideal tane paketlenmesi için;

$$P(\%) = \sqrt{\frac{d}{D}} \times (100 - A) + A \quad (1)$$

formülü kullanılmıştır. Formülde P; hacimce karışım oranını, A; güvenlik faktörünü, D; aralıktaki en büyük tane çapını ve d; aralıktaki en küçük tane çapını ifade etmektedir. Kullanılan granüller için A; 12 olarak seçilmiştir. Granüllerin arasındaki boşlukları doldurmak için gerekli dolgu pastası

içerisindeki reçine ve dolgu hacimsel oranı; 45:55 olarak kullanılmıştır. Reçete oluşturmak için Bretonstone® teknolojisi patentleri referans alınmıştır (Luca 2018, Luca 2019). Çizelge 3 de hacimce ve Çizelge 4 de ise kütlece karışım oranları verilmiştir. Dönüşüm için malzemelerin yoğunlukları kullanılmıştır. Kuvars granülü ve dolgu malzemesi yoğunlukları; 2,65 g/cm³ ve reçine yoğunluğu; 1,12 g/cm³ dür. Son olarak istenen yüzey özelliklerini elde etmek için toplam reçine üzerinden kütlece %10 ıslatma özelliği yüksek olan reçineden ilave edilmiştir.

Çizelge 3. Hacimce karışım oranları.

	63-200 µm (%)	100-300 µm (%)	Reçine (%)	Dolgu (%)
Formül-1	-	56,90	19,39	23,70
Formül-2	55,06	-	20,20	24,71
Formül-3	12,40	44,00	19,6	24,00

Belirlenen kütlece kompozisyonlar kullanılarak; kompoze taş test plakaları 30x30x2 cm boyutlarında elde edilmiştir. Kuvars yüzeyler için Belenco® ticari ürünlerinden *Fairy White* ve *Mocca Mousse* ürün desenleri baz alınmıştır (Int Kyn 4). Plakaların üretiminde, Bretonstone® teknolojisi olan vakum altında titreşimli-sıkıştırma işlemi kullanılmıştır (Int Kyn. 2, Luca 2018, Luca 2019). Hamur karışımları kauçuk kalıplara serilip, 100 ton kütle basıncı ile sıkıştırılmıştır. Plakalar, termoset reçinenin kürlenmesi için 100°C de 35 dakika fırınlanmıştır. Plaka yüzeyleri elmas aşındırıcı diskler ile parlatılmıştır.

Çizelge 4. Kütlece karışım oranları.

	63-200 µm (%)	100-300 µm (%)	Reçine (%)	Dolgu (%)	Islatması yüksek reçine (%)
Formül-1	-	64,08	9,23	26,69	-
Formül-2	62,35	-	9,67	27,99	-
Formül-3	13,98	49,61	9,34	27,07	-

Formül-4 13,98 49,61 8,40 27,07 0,94

2.5 Kontrol Testleri

Mekanik dayanım kontrolü için eğilme, darbe ve aşınma testleri yapılmıştır. Su emme ve görünür yoğunluk değerleri ölçülmüştür. Bu testler için EN-14617 standardı kullanılmıştır. Üç nokta eğilme testi için Shimadzu AG-X Plus cihazı kullanılmıştır. Kırılma öncesi dayanabildiği maksimum kuvvet üzerinden boyuta bağlı eğilme dayanımı hesaplanmıştır. Eğilme dayanımı (Pa)

$$R_f = (3 \times F \times I) / (2 \times b \times h^2) \quad (2)$$

şeklinde ifade edilmektedir. F (N); kırma kuvveti, l (m); destekler arası mesafe, b (m); numune genişliği ve h (m); numune kalınlığı ifadeleridir. Darbe testi için 1 kg kütle farklı yüksekliklerden kum zemin üzerindeki yüzeye düşürülmüştür. Kütlelerin yüzeyi kırabildiği yükseklikten potansiyel enerjisi hesaplanmıştır. Darbe dayanımı (Joule);

$$L = m \times g \times h \quad (3)$$

şeklinde ifade edilmektedir. m (kg); serbest düşürülen kütle, g (9,086 m/s²); yer çekimi ivmesi ve h (m); kırma yüksekliği ifadeleridir. Aşınma testi için F80 boyutlarında beyaz alüminyum oksit kullanılmıştır. Aşınan bölgenin uzunluğu (mm) ölçülmüştür. Su emme oranı ve görünür yoğunluk arşimet terazisi ile yapılan ölçümler sonucunda hesaplanmıştır. Görünür yoğunluk (g/cm³);

$$(M_0 / (M_t - M_a)) \times d_{su} \quad (4)$$

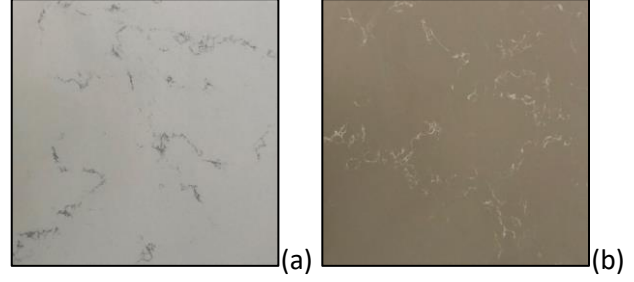
şeklinde ifade edilirken; su emme oranı (%) ise;

$$((M_t - M_0) / M_0) \times 100 \quad (5)$$

ifade edilmektedir. M₀ (g); katı kuru kütlesi, M_t (g); su içerisinde bekletilen katının dışarıdaki kütlesi, M_a (g); katının su içindeki kütlesi ve d_{su} (1 g/cm³); suyun yoğunluğu ifadeleridir. Ayrıca yüzey özelliklerini incelemek için Digital USB 200X mikroskop ile görsel kayıtlar alınmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Şekil 2 de üzerinde çalışma yapılan *Fairy White* ve *Mocca Mousse* ticari yüzey görselleri sergilenmektedir. Şekil 2 de yüzeyler karşılaştırmalı olarak verilmiştir. *Fairy White* beyaz zemin üzerine koyu renkli kısa damarlardan oluşan bir ürün iken, *Mocca Mousse* ise kahverengi yüzey üzerine beyaz kısa damarlardan oluşan bir üründür.



Şekil 2. *Fairy White* (a) ve *Mocca Mousse* (b) plaka görselleri.

Elde edilen kuvars yüzeylerin mekanik ve fiziksel test sonuçları Çizelge 5 de *Fairy White*, Çizelge 6 da ise *Mocca Mousse* kuvars yüzeyi için karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 5. *Fairy White* ürünü için formüllere göre mekanik ve fiziksel özellikler.

	Formül-1 (Standart ürün)	Formül-2	Formül-3	Formül-4
Eğilme dayanımı (MPa) (EN 14617-2) (>35 MPa)	73,43	85,62	79,84	85,37
Aşınma direnci (mm) (EN 14617-4) (≤29 mm)	28,20	28,18	28,25	28,70
Darbe dayanımı (Joule) (EN 14617-9) (>3,36 Joule)	7,53	8,48	8,23	10,00
Su emme oranı (%) (EN 14617-1) (<0,07 %)	0,01	0,01	0,01	0,01
Görünür yoğunluk (g/cm ³) (EN 14617-1) (2-2,5 g/cm ³)	2,34	2,36	2,35	2,36

Çalışma başlangıcı 100-300 µm boyutlu mevcut ürünlerin mekanik dayanım ve yüzey özelliklerinin

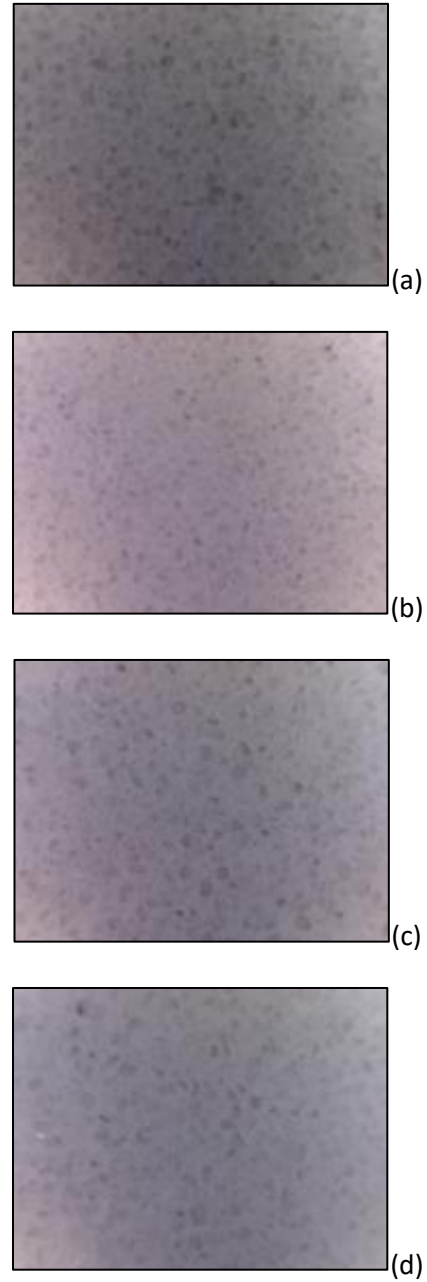
iyileştirilmesi amacıyla daha küçük tane boyutu aralığı olan 63-200 μm kuvars granülünün her iki yüzey için kullanılması ile başlatılmıştır. Çizelge 5 ve Çizelge 6 da görüldüğü gibi, Formül-1 olarak ifade edilen standart ürün sonuçlarına göre; sadece 63-200 μm tane boyutlu kuvars kullanılan Formül-2 nin mekanik dayanım sonuçları daha iyi sonuç vermiştir. Eğilme dayanımı; *Fairy White* için 73,43 MPa dan 85,62 MPa a, *Mocca Mousse* için 80,66 MPa dan 86,23 MPa a yükseltilmiştir. Darbe dayanımı ise; *Fairy White* için 7,53 Joule den 8,48 Joule e, *Mocca Mousse* için 8,63 Joule den 10,00 Joule e yükseltilmiştir.

Çizelge 6. *Mocca Mousse* ürünü için formüllere göre mekanik ve fiziksel özellikler.

	Formül-1 (Standart ürün)	Formül-2	Formül-3	Formül-4
Eğilme dayanımı (MPa) (EN 14617-2) (>35 MPa)	80,66	86,23	80,22	85,62
Aşınma direnci (mm) (EN 14617-4) (≤ 29 mm)	28,80	28,70	28,43	28,80
Darbe dayanımı (Joule) (EN 14617-9) (>3,36 Joule)	8,63	10,00	8,65	10,00
Su emme oranı (%) (EN 14617-1) (<0,07 %)	0,01	0,01	0,01	0,01
Görünür yoğunluk (g/cm ³) (EN 14617-1) (2-2,5 g/cm ³)	2,33	2,34	2,35	2,34

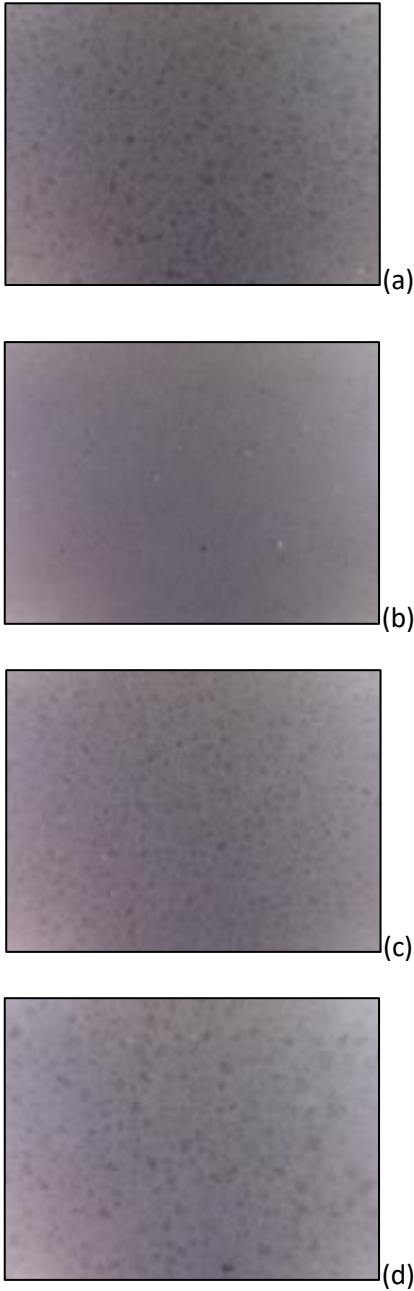
Şekil 3 de *Fairy White* formülleri ve Şekil 4 de ise *Mocca Mousse* formülleri için ayrıntılı yüzey görselleri karşılaştırılmıştır. Şekil 3a/4a ve Şekil 3b/3b arasındaki farktan görüldüğü üzere homojen görünüm artmıştır. Fakat yüzeylerde kuruluk gözlenmiştir. Paketlenme için her iki boyuttaki kuvars granülünün karışım olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Kütlece 63-200 μm :100-300 μm ; 1:3 oranında karıştırılmıştır. Formül-3 olarak ifade edilen bu formül; mekanik dayanım olarak değerleri düşürmüş olsa da standart formül üzerinden göreceli olarak daha iyi sonuç vermeye devam etmiştir. Yüzeydeki mevcut kuruluşun

devam etmesi sebebiyle; ıslatma yönünden iyi olan reçine ilavesi yapılarak Formül-4 çalışılmıştır. Formül-4 ün her iki yüzey içinde mekanik dayanım yönünden iyileştirici sonuç verdiği aynı zamanda kuruluk problemini azalttığı gözlenmiştir. Eğilme dayanımı; standart ürüne göre *Fairy White* için %15,85, *Mocca Mousse* için %6,15 artmıştır. Darbe dayanımı ise; standart ölçüm yüksekliğindeki en yüksek seviyeye ulaşarak, her iki yüzey içinde 10,00 Joule değerine ulaşmıştır. Yekpare görünüm Formül-4 ile Formül-1 e göre arttırılmıştır.



Şekil 3. *Fairy White* yüzeyleri için sırasıyla Formül-1 (Standart ürün) (a), 2 (b), 3 (c) ve 4 (d) karşılaştırması.

Aşınma direncinin formül değişikliğinden çok fazla etkilenmemesi; yüzeyin çok büyük kısmının kuvars minerali ile kaplı olmasından; dolayısıyla kuvars sertliğinin sabit olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Aynı şekilde; su emme oranı ve görünür yoğunluk değerlerinin her formül denemesi için standart kompoze taş değerleri aralığında olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi ise vakum altındaki titreşimli-sıkıştırma prosesinin (Int Kyn. 2) mükemmel kompakt yapı oluşturma işlevidir.



Şekil 4. Mocca Mousse yüzeyleri için Formül-1 (Standart ürün) (a), 2 (b), 3 (c) ve 4 (d) karşılaştırması.

4. Sonuç

Çalışmada öncelikle kompoze taşlarda tane boyutunun mekanik özellikler üzerinde çok etkili olduğu gözlenmiştir. Mekanik dayanımın artırılması için olumlu sonuç vermiştir. Tek tane boyutu dağılımına sahip kompoze taşların, paketlenme açısından farklı boyutların karışımına göre daha az etkin olduğu bulunmuştur. Küçük tane boyutu içeriğinin artması ile spesifik yüzey alanının artması sebebiyle bağlayıcı ihtiyacının arttığı gözler önüne serilmiştir. Yapılan çalışma ile ıslatma ihtiyacının tane boyutunun küçülmesi ile arttığı tecrübe edilmiştir. Sonuç olarak amaçlanan mekanik dayanım ve yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi; tane boyutu ve ıslatma etkisinin optimum noktada buluşturulması ile başarılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmada Belenco® Kuvars Yüzeyler markasının yüzey görselleri kullanımına izin veren Peker Yüzey Tasarımları Sanayi ve Ticaret A.Ş. yönetimine ve Ar-Ge Merkezi çalışanlarına katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

Buranasrisak, P. and Narasingha, M.H., 2012. Effects of Particle Size Distribution and Packing Characteristics on the Preparation of Highly-Loaded Coal-Water Slurry. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, **3 (1)**, 31-35

Chaubey, A.K., Konda Gokuldoss, P., Wang, Z., Scudino, S., Mukhopadhyay, N.K., Eckert, J., 2016. Effect of Particle Size on Microstructure and Mechanical Properties of Al-Based Composite Reinforced with 10 Vol.% Mechanically Alloyed Mg-7.4%Al Particles. *Technologies*, **4 (4)**, 37.

Lam dos Santos, J.P., Rosa, L.G. and Amaral, P.M., 2011. Temperature effects on mechanical behaviour of engineered stones. *Construction and Building Material*, **25**, 171–174.

Lee, M.Y., Ko, C.H., Chang, F.C. et al., 2008. Artificial stone slab production using waste glass, stone

fragments and vacuum vibratory compaction. *Cement & Concrete Composites*, **30**, 583–587.

Luca, T., 2018. Press for vacuum vibro-compression of slabs or blocks or articles of agglomerated or ceramic material. *Patent No. CN 108943336-A*.

Luca, T., 2019. A process for the manufacturing of slabs or blocks of conglomerate of stone granulate and polyester resin. *Patent No. ES 2710664-T3*.

Peng, L. and Qin, S., 2018. Mechanical behaviour and microstructure of an artificial stone slab prepared using a SiO₂ waste crucible and quartz sand. *Construction and Building Materials*, **171**, 273–280.

Santos, G.G., Crovace, M.C. and Zanotto, E.D., 2019, New engineered stones: Development and characterization of mineral-glass composites. *Composites Part B: Engineering*, **167**, 556-565.

Stathis, G., Ekonomakou, A., Stournaras, C.J. and Ftikos, C., 2004. Effect of firing conditions, filler grain size and quartz content on bending strength and physical properties of sanitaryware porcelain. *Journal of the European Ceramic Society*, **24 (8)**, 2357-2366.

İnternet kaynakları

- 1- <https://www.britannica.com/science/quartz>, (11.08.2019)
- 2- <https://www.breton.it/en/engineered-stone/bretonstone-slabs>, (11.08.2019)
- 3- <https://www.bca.gov.sg/Publications/Enhancement Series/others/design2Ch2.pdf>, (11.08.2019)
- 4- <https://www.belenco.com/teknik-el-kitabi.aspx>, (11.08.2019)
- 5- <https://www.cimsa.com.tr/ca/docs/71DDECEE521E470BA4ADA95A091840/FC00911D2DF04254818A00A78194DB50.pdf>, (11.08.2019)
- 6- http://iti.northwestern.edu/cement/monograph/Monograph3_7.html, (11.08.2019)