

# İNŞAAT SEKTÖRÜ YAPI MALZEMELERİ ÜRETİM SÜREÇLERİNİN KULLANIM ALANLARINA GÖRE İYİLEŞTİRİLMESİ, ENERJİ VE ÇEVRE BOYUTU

Elif GÖKÇAY BİLİCİ(\*), Prof.Dr. F.Suna BALCI(\*\*)

(\*): Mersin Ticaret ve Sanayi Odası Çevre ve Enerji Koordinatörü

(\*\*): Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Kimya Müh.Bölümü

Kentsel Dönüşüm Politikaları kapsamında yürütülen çalışmalar ve nüfus artışı ile orantılı artan konut ihtiyacı inşaat sektöründe kullanılan yapı malzemelerine olan gereksinimi arttırmaktadır. Çimento, alçı, kireç, gaz beton, tuğla, kiremit, çatı kaplama, (organik veya inorganik temelli) yalıtım malzemeleri ve seramik içyapı malzemeleri inşaat sektörünün temel girdilerinden olup, bu girdilerin amaca yönelik özelliklerde üretimi ve kullanımı büyük önem taşımaktadır. İşletme parametrelerinin optimizasyonu ve uygun teknolojilerin kullanımı sonucunda istenilen özelliklerde yapı malzemeleri üretilmektedir. Katma değer artırıcı yönde iyileşmeler bazı firmalar tarafından üretim süreçlerine aktarılmaktadır. Fakat artan konut ihtiyacına paralel olarak gelişen inşaat malzemeleri üretimindeki talep artışı, sektörde kontrolsüzce büyümeye sebep olmaktadır. Malzemelerin özelliklerine göre kullanımı; görevini gerektiği gibi yerine getirmesinin yanı sıra güvenlik açısından da çok önemlidir. Uygun özelliklere sahip olmayan malzemelerin kullanımının can ve mal kaybına neden olan kazalarla sonuçlanması ile sık sık karşılaşmaktayız. Yanlış kullanılan malzemeler bina elemanı olarak üstüne düşen görevi (taşıyıcı kolon, ses/ısı izolasyonu, sızdırmazlık vb.) yerine getiremeyeceği gibi hataların giderilmesi için onarım ve değiştirilme gerektiğinden dolayı katı atık ve ilave ekonomik kayıplara da yol açmaktadır.

Doğru malzeme seçim kriterlerinin yanında, üretim kaynaklı katı atık ve üretiminin yoğun enerji gereksiniminden kaynaklanan, yüksek enerji maliyeti ve emisyon problemi ile de karşı karşıya kalmaktayız. Sektörde mevcut üretim teknolojilerinin bir çoğunda, üretim kusurlarından kaynaklanan proses kayıpları, bu kayıpların geri dönüştürülmesi ve katı atık yönetimine olan gereksinim görülmektedir. Diğer taraftan enerji kullanımı ve emisyon, iklim değişikliğinin tehditleri arasında yer almakta olup konu ile ilgili ulusal eylem planlarının geliştirilmesi büyük önem

taşımaktadır. Süreçlerde enerji verimliliğinin artırılması çalışmaları ile maliyet önemli oranda düşürülecek ve karbon emisyonu azaltılacaktır. Kısaca katı atık yönetimi, yanlış üretim kaynaklı katıların üretime geri döndürülmesi ve üretim süreçlerinin iyileştirilmesi ve/veya farklı üretim süreçlerinin kullanımlarının yaygınlaştırılması ile ürün kalitesinin artırılması, enerji verimliliği ve emisyon salınımının azaltılması ve ekonomik katma değer yaratacaktır.

Yapı malzemeleri sanayisinde enerji ve hammaddenin verimli bir biçimde kullanılması, emisyon salınımının azaltılması, proses kayıplarının/atıkların minimizasyonu ve geri kazanımı etkin sürdürülebilir çevre ve enerji yönetimi ile mümkündür. Ülkemizde bazı yapı sektörü firmalarında sürdürülebilirlik çalışmaları yürütülmekte olup sürece aktarımları firmaların kazanımlarını ekonomik açıdan önemli ölçüde arttırmıştır, fakat bu iyileşmelerin katma değeri genellikle firma kazanımları ile sınırlı kalmaktadır. Ülkemizde yer alan küçük, orta ve büyük ölçekte firmaların üretim süreçlerine kazanılan deneyimin aktarılması, ve süreçlere adaptasyon bilgisinin yaygınlaştırılmasına yönelik bir politika geliştirilecek olursa ekonomiye katkının yanı sıra önemli ölçüde katı atık ve sera gazı salınımlarının azalımı da sağlanacaktır.

Bunun yanı sıra sektör ürünlerinin uzun ömürlü olarak kullanılması uzun vadeli ekonominin gerekliliğidir. Söz konusu ürünlerin üretimi yüksek enerji gerektirdiği gibi ayrıca hammaddenin yoğun olarak kullanıldığı süreçlerdir. Sektördeki bir diğer ortak problem, yığın (hacim ve kütle olarak çok) miktarlarda hammaddenin sürece ulaştırılması ve tüketiciye yönlendirilmesinde taşıma maliyetlerinin büyük yer tutmasıdır. Gerek üretim gerekse tüketiciye ulaşım maliyetleri göz önünde bulundurulduğu zaman ürünlerin kalitesi, kullanım amacı ve kullanım süresinde olumlu etkiler yaratması büyük önem taşımaktadır. Kullanım amacına uygun seçilmemiş malzemeler, gerekli kullanım ömürlerinden önce değiştirilme ihtiyacını doğurmaktadır. Değiştirilme/yeniden yapma yeni maliyete sebep olmakla birlikte hatanın kökeni bilinmeden değiştirilse ya da onarılsa dahi bir süre sonra yeniden problem yaratmaktadır. Bu onarımlar ve değişim işlemleri katı atık problemini de doğurmaktadır. Dolayısıyla inşaat sektörü ürünlerinde kaliteli üretim çok büyük önem taşımaktadır. Örneğin taşıyıcı sistemlerde meydana gelebilecek hatalar can ve mal kaybına bile neden olabilmektedir. Doğru seçilmeyen yalıtım malzemeleri, enerji maliyetlerinin azaltılmasına katkı sağlamayacağı gibi

yenilenmesi/değiştirilmesine yönelik sorunların tekrardan giderilmesi de son derece pahalı olacaktır.

Sektörde kullanılan yapı malzemeleri bünye yapılarına göre özellikler taşımaktadırlar. Genel bir değerlendirme ile malzeme iç yapısı; kristalli, moleküllü veya karma yapıdadırlar. Kristalli yapılar üç boyutlu kafes sisteminlerinden dolayı homojen, dolu, özgül ağırlıkları fazla, dolayısıyla mukavemetli malzemelerdir. Üretim teknolojilerindeki iyileştirme ile kristal yapıları sıkışarak mukavemetleri artırılabilir. Moleküllü yapılar iki molekülün birleşmesi ile yani kondenzasyon veya molekülün kendisinden küçük parçalara bölünerek büyümesi, zincir bağlarının oluşması şekli ile meydana gelir ki bu polimerizasyon işlemidir. Malzeme özellikleri polimerizasyon derecesi ile değişmektedir. Üretim esnasında polimerizasyon derecesini kontrol altında tutmak son malzemenin homojenliği ve dolayısıyla kalitesi açısından önemlidir. Moleküllü yapıya sahip malzemeler arasında yer alan plastikler polimer kimyasındaki gelişmeler ile günümüzde yapı teknolojisinde geniş alanda yer bulmaya başlamıştır. Polimerlerden termoplastik ve termosetler; moleküllü yapılarından dolayı ısı-ses ve elektriği iletmezler. Karma yapılı malzemeler; doğal taşlar, beton, pişmiş toprak, cam gibi malzemelerdir. Büyük boyutlu yapı elemanlarının bir araya gelmesinde oluşurlar ve buna bağlı olarak iyon bağları güçlü olduğundan ergime noktaları yüksektir. Ancak sert malzeme olduklarından gevrektiler. Molekül araları boşluklu olduğu için çekme mukavemetleri düşüktür. Heterojen yapılarından dolayı basınç dayanımları homojen değildir ve her noktada aynı değerde ısınmadığından ısı gerilmelere karşı da dayanıksızdır.

Bu değerlendirmelere göre malzemenin makro strüktürü, yani gözle görülebilir yapısı kullanım alanlarında önem taşımaktadır. Kısaca malzeme boşluklu ise; mukavemeti ve ısı iletkenliği düşük, nem tutma özelliği fazla ve donmaya karşı dayanıksız kullanım özelliklerine sahiptir. Kristal yapılı malzemeler yüksek mukavemet sağlarken yoğunluk değerleri açısından problem yaratabilmekte, ısı ve ses yalıtımı için uygun özellikte olamamaktadırlar. Karma yapılı malzemeler kristal ve molekül yapılı malzeme özelliklerini barındırmakla birlikte homojen yapıya sahip üretilmezlerse mukavemet ve sıcaklık değişimlerine karşı dayanımlarının zayıflamaktadır. Malzeme üzerinde minimum-maksimum yük değişimleri malzemede yorulma, şekil değişmeleri, elastik ve plastik deformasyonlar, hatta sünme ve kopmayla sonuçlanan etkilere sebep olabilirler. Üretimde meydana gelen malzeme

hataları yük, sıcaklık değişimi, dış ortam etkilerine karşı dayanımı azaltır ve mekanik bozulmalara yol açar.

Değişik iç yapıya sahip malzemeler yapı sektörü malzemeleri olarak kullanılmaktadır ve iç yapılarının istenilen özelliklerde olması uygulama hedefi ve kullanım ömründe çok önemlidir. Dolayısıyla malzeme yapısı, malzemenin uygulanacağı koşullara uygun üretilmelidir. Örneğin mukavemet ve su geçirimsizlik için boşluksuz ve yoğun malzeme, ses geçirimsizliği ve ısı yalıtımı için dolu malzeme, ses emicilini sağlayacak ve ısı iletimini azaltacak şekilde gerekli miktar ve büyüklüklerde boşluklar ile üretilmelidir. Ayrıca yapı malzemelerinde kullanım amaçlarına yönelik özelliklerle birlikte bir diğer önemli gereksinim de düşük yoğunluk değerlerine sahip olabilmeleridir. Kullanım amaçlarında birkaç özelliği bir arada ihtiva etmesi de gerekli olabilir. Dolayısıyla çeşitli beklentilere cevap verebilen tek bir malzeme bulunması imkansız gibidir. Bu nedenle malzemeler yeteneklerine göre hesaplanarak katmanlar halinde uygulanması veya kompozit malzemeler ile ikame edilmeside sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yani bazı kullanım amaçlarına göre çeşitli aglomereler olabilir. Aglomereler birkaç malzemenin bir bağlayıcı ile birleştirilmiş şeklidir. Tek bir malzemeye oranla değişik özelliklere sahiptir. Tek bir malzemenin yetersizliğinden ortaya çıkan kompozit malzemelerin üretiminde de önemli olan üretim teknolojisi ve üretim parametrelerinin doğru seçimi ile yapı malzemelerinin üstün özelliklerinin nihayi kompozit malzemeye taşınmasıdır.

Binaların ısı yalıtımında doğru özellikte üretilmiş malzeme seçilmez ise yağış, rüzgar, sıcaklık değişimi vb dış etkenlere karşı malzeme mukavemet gösterememektedir. Hatta mantolama işlemi sonrası karşılaşılan ilk dış etkende kırılma, dökülme problemlerinin yaşandığını çevremizde sıklıkla gözlemlemekteyiz. Yeniden onarım maliyetlerine ilave olarak istenmeyen kazalara da yol açmaları muhtemeldir. Hatalı üretilen malzemeler ısı yalıtım yeteneğini azaltmaktadır. Hatta tabakalar arasında veya istenmeyen büyüklüklerde gözeneklerde meydana gelen yoğunlaşma, don etkisi ile birleştğinde görevini yerine getirememekle kalmamakta aynı zamanda yapı elemanında önemli hasarlara neden olmaktadır.

Polimer kimyasındaki gelişmeler ile polimer temelli malzemelerin yapı teknolojilerinde geniş alanda yer bulmasına neden olmuştur. Isı yalıtım ve bina mantolama sistemlerinde yaygın olarak kullanıma sahiptirler. Molekül ağırlığı düşük olanlar yumuşak; yüksek olanlar sert ve ısıya daha dayanıklıdırlar. Polimerler uzun süreli yüklemelerde, iç yapısındaki zincir bağlarının kayması ile şekil değiştirerek

deforme olurlar. Bunun sonucunda malzemede gevşeme ve sünme etkisi görülür. Bu malzemelerde kullanım amaçlı özelliğin kazandırılmasının yanısıra yanma geciktirici veya yayılımının önlenmesi özelliğinin artırılması da bir gerekliliktir. Yangın yayılımı (durdurulması) alev geciktirici katkı malzemelerinin yapıya katılması ile elde edilmektedir ki, teknoloji ve üretim parametrelerinin doğru seçilmemesi can ve mal kaybı ile sonuçlanacak kazalara yol açabilir. İnorganik yalıtım malzemelerinin temel sorunu da yoğun kütleli olmalarıdır. Kütlenin azaltılması için başvurulan kontrolüz gözenek artışı, mukavemet azalması, gözeneklerde su birikmesi/donması gibi sorunları yaşanmasına yol açmaktadır. Sektörde gerek ısı gerekse yağış etkilerinin azaltımı için su izolasyonunun yüksek olduğu çatı kaplama sistemlerinin kullanımı da yaygınlaşmıştır. Polimer esaslı veya inorganik esaslı çatı kaplama sistemlerinde de istenilen özellikler düşük yoğunluk-ısı iletkenlik, su geçirmezlik ve yangın geciktirici özelliklere sahip olmalarıdır. Fakat malzeme özelliklerine göre bazı özellikler sağlanırken gerekli olan bazı özellikler yapıda bulunamamaktadır. Yeni teknolojiler ile iki tip yalıtım ve çatı kaplama malzemelerinin olumsuzluklarının ortadan kaldırılması mümkündür.

Kullanım alanlarına yönelik malzeme üretim teknolojileri ve parametre etkilerinin değerlendirilmesi ile proses kayıplarının azaltılması ve üretilen hatasız malzemeler ile ekonomik kazanımlar yeterli değildir. Bu sektör üretimleri enerji verimliliği ve emisyon yönetimi de gerektirmektedir. Yapı malzemeleri üretimlerinde gerekli termal enerji çeşitli konvansiyonel fosil (kömür, linyit, fuel oil, doğal gaz) ve atık yakıtlardan sağlanmaktadır. Yüksek miktarda emisyonla yol açtığı bilindiği halde ucuzluğundan dolayı son yıllarda atıkların kullanımının sektörde yaygınlaştığı görülmektedir. En çok kullanılan atık yakıtlar arasında petrol koku ve plastik atıklar yer almaktadır. Dolayısıyla bu sektörlerde uygulanacak enerji verimliliği ekonomik kazanımlara ilave olarak emisyon azaltımı açısından da çok önemli sonuçlar ortaya çıkaracaktır.

Yapı malzemelerinin ana bileşeni olan çimento sektöründe klinker üretim prosesi sırasında kireçtaşının kalsinasyonu süreç enerji gereksiniminin yarısına yakınına teşkil etmekte olup, büyük ölçüde karbon salınımı, toz, azot oksit ve yakıt çeşidine bağlı olarak kükürt dioksit ve organik karbon emisyonlarına yol açmaktadır. Sürdürülebilirlik çalışmaları yürütülen firmalarda alınan önlemler alternatif yakıt kullanımı, çimentoda klinker kullanım oranının azaltılması ve atık ısı kullanımı ile

süreç içi enerji verimliliğinin uygulanması şeklindedir. Bu sektörde en iyi katma değer atık ısıdan enerji geri kazanım tesislerinin kurulması ile sağlanır. Birçok üretim sürecinde fırın başı soğutmalarında alınan ısı kullanılmamakta ve yüksek sıcaklıklarda açığa çıkan kalsinasyon gazı direk olarak atmosfere verilmektedir. Enerji verimliliğinde atık ısı, süreç için gerekli buhar üretiminde kullanılabilir. Ayrıca elektrostatik toz filtre kullanımı gibi alınacak basit önlemler ile toz partikül emisyonunun azaltılması mümkündür.

Kireç üretiminde karbonizasyon için gerekli olan termal enerjinin yanı sıra kalsiyum karbonattan karbon dioksitin serbest bırakılması da karbon salınımını ilave olarak arttırmaktadır. Karbonizasyon gazının atık ısısının kullanımının yanında karbondioksit yoğun gazın süreç içerisinde kullanılabilmesi ilave üretim hatlarının entegrasyonu yapılabileceği gibi karbondioksitin kullanımı ile katma değeri yüksek ürünlerin üretimi de planlanabilir. Örneğin teorik olarak kireç üretimi esnasında kalsiyum karbonat üretimi entegrasyon için uygun bir yan üründür.

Gaz beton, inorganik yalıtım malzemesi vb. üretim süreçleri, hazırlanan döküm/kekin kurutma ve son kurutma/kalsinasyon aşamasında yüksek enerji kullanımı gerektirmektedir. Aşağıda verilen projeler gerek duyulan birinin veya her birinin sürece uygulanması şeklinde değerlendirilebilir. Dökülen kalıpların pişirilmesi genellikle sürecin bir bölümünde açık alanda, sıcak hava ortamında yürütülmektedir. Bu bölümün, üretimin diğer bölümlerinden ayrılması ve izolasyonun yürütülmesi enerji gereksinimini azaltacaktır. Pişirme ve kesme işlemleri sonrası yapı malzemesi son şeklini, yüksek sıcaklıkta ve genellikle yüksek basınçta kızgın buhar üretimiyle almaktadır. Verimli enerji kullanımı için kalıpların mevcut otoklav şekline en uygun geometride verilmesi için kalıp yerleştirme ve taşıma bandında gerekli değişimlerin yapılması gerekmektedir. Kullanım sonrası buhar yüksek sıcaklık ve basınçta atık olarak ortama verilmektedir. Bu durum malzemelerin nem kapmasına ve sipariş öncesi nemin giderimi için uzun süre depolanma gereksinime yol açmaktadır. Gerek enerji verimliliği ve gerekse su yönetimi açısından ortama verilen atık (çürük) buharın toplama hattının sürece entegrasyonu gerekmektedir. Böylece buhar üretimi için enerji verimliliği sağlanırken su gereksinimi de minimize edilmektedir.

Tuğla, kiremit ve yapı içi inşaat malzemeleri olan seramik karo ve benzeri üretimlerde hazırlanan kalıpların şekillendirilmesi sonrası pişirilmesi aşaması yüksek sıcaklıkta fırınlarda yürütülmektedir. Geleneksel yöntemlerde son ürün fırından alınmadan önce dış ortamdan beslenen hava ile yapılmaktadır. Kurutma havası 200°C üzerinde sıcaklıklarda atmosfere verilmektedir. Atmosfere verilmeden önce fırın yakma havası beslemesi olarak enerji kazanımı ve süreçte kullanımı geleneksel yöntemlerle üretim yapan firmaların enerji verimliliğini önemli ölçüde arttıracaktır. Ayrıca kesikli üretim sürecinden yürüyen bant teknolojisine geçilmemesi boşaltma öncesi fırınların soğutulması için üretimin durdurulması ile yeniden ısıtma için enerji gereksinimi ile maliyet açısından önemli olumsuzluklar yaratmaktadır. Bu konuda firmalara teknoloji değiştirmeye yönelik teşviklerin yürütülmesi gerekmektedir.

Yapı malzemeleri mevcut üretim süreçlerinde, küçük finansal harcamalar yapılarak gerçekleştirilecek ufak değişiklikler, enerji verimliliği, kaynakların doğru kullanımı ve katı atık-emisyonların azaltılmasına yönelik önemli kazanımlar sağlayacaktır. Toplum ve üreticilerin bilinçlenmesi ve mevzuatlar ile alınan önlemler (devlet yaptırım ve özendirmeler) ile enerji verimliliği ve çevre duyarlı teknolojilere geçiş veya mevcut süreçlerin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar son yıllarda büyük ivme kazanmıştır. Sektörde yer alan -finansal destek problemi olmayan- firmalar çevre duyarlı üretim teknolojileri kullanımına yönelik süreç iyileştirme/yenileme ve enerji verimliliği çalışmaları yürütmektedirler. Özellikle büyük üretici firmalar tarafında yürütülen bu süreç geliştirme çalışmaları ile önemli kazanımlar sağlandığı bilinmektedir. Fakat bu girişimlerin sonuçları sadece ilgili firmaya katkı sağlayarak ülke ekonomisine sınırlı katkı sağlamaktadır. Diğer taraftan ülkemizde yapı sektörü malzemelerinin üretimine yönelik KOBİ ler sektörde kayda değer üretim yapmaktadır. Bu firmalar enerji verimliliği ve atık yönetimine yönelik ne tür çalışmalar yürüteceklerini planlayamamaktadırlar. Ülkemizde bazı firmalar tarafından yürütülen söz konusu olumlu çalışmalarda elde edilen birikimin diğer firmalara yaygınlaştırılması ve firmalar tarafında süreç adaptasyonlarının yapılmasına yönelik çalışmaların yürütülmesi için politika geliştirilmesi ülkemiz açısından büyük önem taşımaktadır. Bu konuda firmaların bilinçlendirilmesi için farkındalık yaratılması/bilinç geliştirilmesi ve projelendirme çalışmaları yürütebilecekleri bilgilendirme, eğitim, vb. politikaların ortaya konulmasına ihtiyaçları vardır. Büyük finans gereksinimi gerektiren süreç iyileştirmelerine yönelik teşvik politikası ülke ekonomisine uzun vadede önemli katma değer sağlayacağı ise bir gerçektir.