



BAHRİ BUDAK

BOYAHANE SUYU, BOYA-KİMYASAL MUTFAĞI VE DOZAJ YÖNETİMİ EĞİTİMİ

Su kaynağından boyama makinesine kadar su kalitesi; boyarmadde ve kimyasal hazırlama, stok çözelti, otomatik dozaj, hat temizliği, kalibrasyon, izlenebilirlik ve maliyet yönetimi

Hazırlayan	Bahri Budak
Uzmanlık	Tekstil Boyama ve Apre Uzmanı
Kapsam	HT jet boyahanelerinde proses suyu, yumuşatma ve depolama; boyarmadde-kimyasal mutfağı; manuel ve otomatik tartım, çözündürme, seyreltme, dozaj ve transfer sistemleri
Revizyon	2026-R1

Bu doküman eğitim ve proses standardizasyonu amacıyla hazırlanmıştır. Su kabul değerleri, reçete dozları, çözündürme sıcaklıkları, karıştırma süreleri, filtre seçimi, stok çözelti derişimleri, hat durulama miktarları ve otomasyon ayarları; su kaynağı, kullanılan ürün, lif, renk, makine, üretici teknik föyü ve işletme doğrulamasına göre kesinleştirilmelidir.

İÇİNDEKİLER

1. Amaç, kapsam, terminoloji ve öğrenme çıktıları
2. Su kalitesinin boyama sonucuna etkisi ve su hatlarının ayrılması
3. Su kaynakları, depolama, dağıtım ve geri kazanılmış su yönetimi
4. Su kabul kriterleri, numune alma ve kontrol sıklığı
5. Toplam sertlik, kalsiyum, magnezyum ve yumuşatma sistemi
6. pH, iletkenlik, toplam çözünmüş madde, alkalinite ve klorür
7. Demir, mangan, bulanıklık, renk, koku ve serbest klor
8. Reçine, rejenerasyon, ters yıkama ve sertlik kaçağı yönetimi
9. Su dengesi, tank, pompa, boru hattı ve kullanım noktaları
10. Boya-kimyasal mutfağı yerleşimi, stok ve ürün kabulü
11. Toz boyarmadde tartımı, çözündürme, karıştırma ve filtreleme
12. Sıvı kimyasal, stok çözelti, seyreltme ve derişim doğrulama
13. Otomatik dozaj, transfer, hat temizliği ve sistem kilitlemeleri
14. Reçete ve dozaj hesapları
15. Kalibrasyon, proses içi ve final doğrulama kontrolleri
16. Sapma, karışma, temizlik, bakım ve iş güvenliği
17. Formlar, kayıtlar, performans göstergeleri ve kaynak verimliliği
18. Karar matrisi, vardiya kontrol listesi, sorular ve teknik kaynaklar

Eğitimin temel mesajı

Boyahane suyu reçetenin görünmeyen hammaddesidir. Yumuşatma, suyun iletkenliğini veya toplam tuzunu ortadan kaldırmaz; yalnız kalsiyum ve magnezyum iyonlarını değiştirir. Boyarmadde ve kimyasal mutfağında doğru ürün, doğru miktar, doğru derişim, doğru makine ve doğru zamanda transfer; ancak kalibrasyon, hat ayırımı, temizlik ve kayıt sistemiyle güvence altına alınabilir.

1. AMAÇ, KAPSAM, TERMİNOLOJİ VE ÖĞRENME ÇIKTILARI

Bu eğitim notu; su hazırlama, boya-kimyasal mutfağı, laboratuvar, proses, kalite, bakım ve vardiya ekiplerinin aynı ölçüm ve kayıt sistemini kullanmasını amaçlar. Su ile boyarmadde-kimyasal hazırlama birbirinden ayrı görünse de renk tekrarlanabilirliği, haslık, makine temizliği ve maliyet üzerinde birlikte etkilidir.

- Ham su, yumuşatılmış su, ters ozmoz suyu ve geri kazanılmış su hatlarını kullanım amacına göre ayırmak.
- Sertlik, pH, iletkenlik, alkalinite, demir, mangan, bulanıklık ve serbest klorun boyamaya etkisini açıklamak.
- Yumuşatma sisteminde reçine, rejenerasyon, ters yıkama, tuz çözeltisi ve sertlik kaçağını doğru izlemek.
- Boyarmadde çözündürme ile dispers boyarmadde dağılımını; sıvı kimyasal seyreltme ile stok çözelti hazırlamayı birbirinden ayırmak.
- Manuel veya otomatik dozajda tartım, derişim, yoğunluk, debi, hat temizliği ve transfer doğrulamasını kayıt altına almak.
- Su, boyarmadde ve kimyasal sapsmalarını kök neden, maliyet, yeniden işlem ve ilk seferde doğru üretim göstergeleriyle izlemek.

Terminoloji notu

Bu dokümanda “banyo oranı (flotte oranı)” makinedeki litre/kg ilişkisini; “% HT” boyarmadde veya kimyasalın kumaş ağırlığına göre yüzdesini; “g/L” banyo hacmine göre derişimi; “stok çözelti” önceden tanımlı derişimde hazırlanmış çözeltiyi; “aktif madde” ticari ürünün gerçekten etkili kısmını ifade eder.

2. SU KALİTESİNİN BOYAMA SONUCUNA ETKİSİ VE SU HATLARININ AYRILMASI

Su özelliği	Boyahane üzerindeki temel etkisi
Toplam sertlik	Kalsiyum ve magnezyum; sabun, alkali, dispersiyon ve bazı boyarmaddelerle çökelti, leke, filtre tıkanması ve ton farkı oluşturabilir.
Demir ve mangan	Peroksit parçalanması, sararma, nokta leke, matlık ve özellikle açık renk-beyaz üretimde tekrarlanabilirlik sorunu yaratabilir.
pH ve alkalinite	Başlangıç pH’sını, asit/alkali ihtiyacını ve dozaj eğrisini değiştirir; reçetenin aynı görünmesine rağmen proses davranışını farklılaştırabilir.
İletkenlik ve çözülmüş tuzlar	Suyun iyon yükünü gösterir; reaktif boyamada boya alımı ve tuz hesabı, laboratuvar-üretim uyumu ve geri kazanılmış su kullanımını etkiler.
Bulanıklık ve askıda madde	Filtre, eşanjör, nozul ve kumaş yüzeyinde birikme; nokta leke ve makine kirliliği oluşturabilir.
Serbest klor / oksitleyici kalıntı	Bazı boyarmaddeleri, indirgen maddeleri ve lif yüzeyini etkileyebilir; boyama kullanım noktasında kontrol edilmelidir.

3. SU KAYNAKLARI, DEPOLAMA, DAĞITIM VE GERİ KAZANILMIŞ SU YÖNETİMİ

Su hattı	Kullanım ve kontrol yaklaşımı
Ham / kuyu suyu	Arıtma öncesi kaynaktır. Sertlik, demir, mangan, bulanıklık, mevsimsel değişim ve kuyu karışımı düzenli izlenir.
Yumuşatılmış proses suyu	Kasar, boyama ve yıkama proseslerinde ana hat olabilir. Sertlik kaçağı her vardiyada veya çevrim bazında kontrol edilir.
Ters ozmoz suyu	Laboratuvar, beyaz-açık renk, hassas reçete veya düşük iyon yükü gereken proseslerde tek başına ya da kontrollü karışım olarak kullanılabilir.
Şebeke suyu	Klor, iletkenlik ve mevsimsel kalite değişimi izlenir; doğrudan kullanım işletme kabul kriterine bağlıdır.
Geri kazanılmış su	Yalnız doğrulanmış proses adımlarında kullanılır. Renk, KOİ, tuz, sertlik, yüzey aktif madde ve mikrobiyal risk değerlendirilmeden final banyo veya laboratuvara verilmez.
Depo ve dağıtım	Tanklar kapalı, etiketli ve temizlenebilir olmalı; ölü hat, tortu, pas, yağ ve farklı su hatlarının geri karışması önlenmelidir.

Su hattı kuralı

Bir suyun “berrak” görünmesi boyamaya uygun olduğunu göstermez. Her kaynak için kullanım noktası, kabul kriteri ve analiz sıklığı ayrı tanımlanır. Geri kazanılmış su, yalnız su arıtma çıkış analizine göre değil, kullanılacağı tekstil prosesi üzerinde laboratuvar ve üretim doğrulamasıyla onaylanır.

4. SU KABUL KRİTERLERİ, NUMUNE ALMA VE KONTROL SIKLIĞI

- Numune; kaynak, yumuşatıcı çıkışı, ana depo, makine besleme hattı ve gerekirse en uzak kullanım noktasından ayrı alınmalıdır.
- Numune kabı temiz olmalı; hat bir süre akıtıldıktan sonra numune alınmalı, tarih-saat, nokta, vardiya ve su hattı kaydedilmelidir.
- Günlük/ilk vardiya kontrolleri: görünüm, pH, iletkenlik, toplam sertlik; şebeke veya geri kazanılmış hatta serbest klor ve bulanıklık.
- Vardiya veya rejenerasyon çevrimi kontrolleri: yumuşatıcı çıkış sertliği, tuz tankı, basınç farkı, debi ve by-pass konumu.
- Haftalık/aylık kontroller: demir, mangan, alkalinite, klorür, tank tortusu, filtreler ve su hattı trendleri; dış laboratuvar planı risk bazlı oluşturulur.
- Tek bir evrensel limit kullanılmaz. Aşağıdaki değerler işletme başlangıç hedefidir; reçete, müşteri ve yerel suya göre doğrulanır.

Önerilen başlangıç kontrol penceresi

Yumuşatılmış proses suyunda toplam sertlik ideal olarak 0-5 mg/L CaCO₃, uyarı seviyesi 5-10 mg/L; demir hedefi <0,05 mg/L, eylem seviyesi ≥0,10 mg/L; mangan hedefi <0,02 mg/L, eylem seviyesi ≥0,05 mg/L; bulanıklık hedefi <1 NTU; serbest klor boyama noktasında mümkün olduğunca ölçülemeyecek düzeyde tutulur. pH, iletkenlik, alkalinite ve klorür için kaynak bazlı ortalama ile sapma sınırı tanımlanır.

5. TOPLAM SERTLİK, KALSİYUM, MAGNEZYUM VE YUMUŞATMA SİSTEMİ

Kontrol	Saha uygulaması
Toplam sertlik	Kalsiyum + magnezyumun mg/L CaCO ₃ olarak ifadesidir. EDTA titrasyonu, damlalı kit veya doğrulanmış fotometrik yöntemle ölçülür.
Kalsiyum / magnezyum ayrımı	Kök neden incelemesinde ve kaynak değişiminde yararlıdır; yalnız toplam sertlik bazı değişimleri gizleyebilir.
Yumuşatma prensibi	Kasyon değiştirici reçine kalsiyum ve magnezyumu sodyumla değiştirir. Sertliği düşürür; iletkenliği ve toplam çözünmüş tuzu ortadan kaldırmaz.
Sertlik kaçağı	Reçine kapasitesi dolması, yetersiz tuz, düşük rejenerasyon debisi, kanal oluşumu, vana kaçırması veya by-pass açıklığından kaynaklanabilir.
Duplex sistem	Bir kolon servisteyken diğeri rejenerasyon veya hazır beklemede olur. Değişim anı debi, hacim ve çıkış sertliğiyle doğrulanır.
Kontrol noktası	Yumuşatıcı çıkışı ile gerçek makine kullanım noktasının ikisi de ölçülmelidir; tank veya hat kirlenmesi sonradan sertlik/metal taşıyabilir.

6. pH, İLETKENLİK, TOPLAM ÇÖZÜNMÜŞ MADDE, ALKALİNİTE VE KLORÜR

Parametre	Doğru yorum
pH	Suyun asitlik-alkalilik durumunu gösterir; tek başına tamponlama kapasitesini göstermez. Elektrot iki nokta ile kalibre edilir.
İletkenlik	Toplam iyon yükünün hızlı göstergesidir. Sıcaklığa bağlıdır; sonuç sıcaklık telafisiyle ve aynı birimde µS/cm veya mS/cm kaydedilir.
Toplam çözünmüş madde	Cihazın iletkenlikten hesapladığı TDS yaklaşık değerdir; kullanılan dönüşüm katsayısı belirtilmelidir.
Alkalinite	Suyun asidi nötrleme kapasitesidir; reaktif, asit ve peroksit proseslerinde pH geçişini etkiler. mg/L CaCO ₃ olarak izlenebilir.
Klorür / sülfat	Kaynak suyu, tuzlu geri kazanım ve karışma riskini izler. Mutlak limit yerine kaynak ve proses bazlı trend kullanılır.
Trend kontrolü	İletkenlik veya alkalinite normal değerden %10-15'in üzerindeki değişim kaynak, hat karışması, rejenerasyon veya geri kazanılmış su sapsmasını araştırma işaretidir.

Önemli düzeltme

Yumuşatma işlemi iletkenliği düşürmek için kurulmaz. Sodyum iyon değişimi nedeniyle iletkenlik aynı kalabilir veya bir miktar artabilir. Düşük iyon yükü gerekiyorsa ters ozmoz, demineralizasyon veya kontrollü su karışımı değerlendirilir.

7. DEMİR, MANGAN, BULANIKLIK, RENK, KOKU VE SERBEST KLOR

Parametre / bulgu	İlk inceleme ve proses riski
Demir	Kuyu, pash tank/hat, pompa veya arıtma yetersizliği araştırılır. Peroksitli kasar ve açık renklere nokta leke/sararma riski yüksektir.
Mangan	Kuyu suyu ve oksidasyon-filtrasyon sistemi incelenir. Koyu renkli çökelti ve yüzey lekesi oluşturabilir.
Bulanıklık	Kum, kil, korozyon ürünü, biyofilm veya arıtma çamuru taşınması olabilir. Filtre basınç farkı ve tank dibi kontrol edilir.
Renk / koku	Organik madde, geri kazanılmış su karışması, mikrobiyal gelişme veya kimyasal bulaşma işaretidir; yalnız görsel onayla kullanılmaz.
Serbest klor	Şebeke suyu veya dezenfeksiyon kaynaklıdır. Boyama noktasında ölçülür; aktif karbon, bekletme veya uygun giderme sistemi doğrulanır.
Yağ / yüzey filmi	Kompresör, pompa salmastrası, bakım yağı veya geri kazanım hattı araştırılır. Su derhal karantinaya alınır.

Metal analizi için hızlı saha testi tarama amaçlıdır; sınır aşımında doğrulanmış laboratuvar yöntemi kullanılmalıdır.

Demir ve mangan sorunu yalnız iyon tutucu ilavesiyle gizlenmemeli; kaynak, tank, filtre ve boru hattında kök neden giderilmelidir.

8. REÇİNE, REJENERASYON, TERS YIKAMA VE SERTLİK KAÇAĞI YÖNETİMİ

- Rejenerasyon sırası tipik olarak ters yıkama, tuz çözeltisi verme, yavaş durulama, hızlı durulama ve servis adımlarından oluşur; süre ve debiler üreticiye göre uygulanır.
- Tuz tankında çözünmemiş tuz, köprüleşme, tortu, uygun olmayan tuz kalitesi ve emiş hattı tıkanması kontrol edilmelidir.
- Reçine yatağında kanal oluşumu; kısa temas, düzensiz ters yıkama, yüksek debi veya yatak kirliliği nedeniyle sertlik kaçağı oluşturabilir.
- Rejenerasyon yalnız takvime göre değil; işlenen su hacmi, giriş sertliği, reçine kapasitesi ve çıkış sertliği trendiyle planlanmalıdır.
- By-pass vanaları kilitli/etiketli olmalı; bakım sonrası vana konumu ve ilk servis suyu sertliği çift kontrol edilmelidir.
- Her rejenerasyonda başlangıç-bitiş saati, tuz tüketimi, giriş/çıkış sertliği, su hacmi, basınç farkı ve operatör kaydı tutulmalıdır.

Sertlik kaçağında karar sırası

Önce ölçüm doğrulanır; ardından by-pass ve vana konumu, tuz tankı, rejenerasyon adımları, debi, basınç farkı, reçine seviyesi/kirliliği ve tank-hat karışması incelenir. Sert suyla üretime devam etmek yerine etkilenen su ve partiler tanımlanır.

9. SU DENGESİ, TANK, POMPA, BORU HATTI VE KULLANIM NOKTALARI

Ekipman / alan	Kritik kontrol
Ham ve yumuşak su tankları	Seviye, taşma, kapak, havalık filtresi, tortu, korozyon, temizlik planı ve numune noktası.
Ters ozmoz tankı	İletkenlik, mikrobiyal risk, bekleme süresi, kapalı devre ve düşük kullanımda sirkülasyon.
Pompalar	Debi-basınç, salmastra kaçağı, yağ bulaşı, titreşim, yedek pompa ve enerji tüketimi.
Boru hatları	Malzeme uygunluğu, pas, ölü hat, yanlış çap, geri akış, farklı su hatlarının bağlantısı ve etiketleme.
Kullanım noktaları	Makine girişinde basınç, sıcaklık, sertlik ve iletkenlik; uzak noktada kalite kaybı veya hat karışması.
Su dengesi	Üretim, yıkama, makine temizliği, rejenerasyon, laboratuvar, ramöz/apre ve kayıp-kaçak tüketimleri ayrı sayaçlarla izlenir.

10. BOYA-KİMYASAL MUTFAĞI YERLEŞİMİ, STOK VE ÜRÜN KABULÜ

Alan / işlem	Saha standardı
Toz boyarmadde alanı	Kuru, kontrollü nemli, lokal emişli, kapalı ambalajlı ve lot bazlı depolama; çapraz bulaşmayı önleyen tartım düzeni.
Sıvı kimyasal alanı	Etiketli tank, ikincil sızdırmazlık, seviye, karıştırma ihtiyacı, sıcaklık ve uyumlu pompa/hat malzemesi.
Uyumsuz kimyasallar	Asit, alkali, oksitleyici, indirgen ve hipoklorit grupları ayrı depolanır; ortak dökülme alanı veya kontrolsüz ortak hat kullanılmaz.
Ürün kabulü	Ürün adı, tedarikçi, lot, üretim/son kullanım tarihi, ambalaj, miktar, sertifika, yoğunluk, pH ve gerekirse aktif madde/reng kontrolü.
Stok yönetimi	FEFO/FIFO, barkod, lot izlenebilirliği, minimum-maksimum stok, nem/sıcaklık, açılan ambalaj tarihi ve kalan miktar.
Tartım ve transfer	Doğru terazi, doğru kap, temiz ekipman, operatör doğrulaması, reçete barkodu ve makine hedefi olmadan işlem başlatılmaz.

Mutfağın temel ayrımı

Boyarmadde tartım/çözündürme, sıvı kimyasal hazırlama, alkali-asit hazırlama ve oksitleyici/indirgen kimyasallar aynı çalışma tezgâhında kontrolsüz yürütülmemelidir. Yerleşim; ürün karışmasını, toz yayılımını, yanlış hatta transferi ve çalışan maruziyetini önleyecek şekilde kurulmalıdır.

11. TOZ BOYARMADDE TARTIMI, ÇÖZÜNDÜRME, KARIŞTIRMA VE FİLTRELEME

Boyarmadde hazırlama adımları: doğru lot doğrulama -> dara/tartım -> uygun su hacmi ve sıcaklığı -> kontrollü karıştırma -> ürünün gerektirdiği bekleme -> filtreleme -> kap/hat/makine doğrulama -> transfer

Reaktif ve asit boyarmaddeler çoğunlukla çözelti oluştururken dispers boyarmadde su içinde dağılım (dispersiyon) oluşturur. Aynı “çözündürme” reçetesi bütün boyarmadde sınıflarına uygulanmaz.

Kritik kural: sıcaklık, karıştırma devri ve bekleme süresi boyarmadde üreticisinin teknik föyüne göre seçilir. Gereksiz yüksek sıcaklık, uzun bekleme, yoğun çözelti veya yanlış pH; hidroliz, topak, köpük, tortu ve filtre tıkanmasına yol açabilir.

Filtre bezi/elek açıklığı ürün ve otomasyon sistemine uygun olmalı; filtrede kalan miktar kayıp olarak değil, çözündürme veya dispersiyon sorununun göstergesi olarak kaydedilmelidir.

$$\text{Tartım doğruluğu} = \frac{|\text{Hedef miktar} - \text{Gerçek miktar}|}{\text{Hedef miktar}} \times 100$$

Terazi çözünürlüğü, tartılacak en küçük miktara uygun olmalı; küçük ilaveler büyük üretim terazisinde tartılmamalıdır.

$$\text{Boyarmadde çözeltisi derişimi (g/L)} = \frac{\text{Tartılan boyarmadde (g)}}{\text{Son çözelti hacmi (L)}}$$

“Eklenen su hacmi” ile “son çözelti hacmi” aynı kabul edilmemeli; çözünme ve hacim değişimi kullanılan yöntemle göre doğrulanmalıdır.

12. SIVI KİMYASAL, STOK ÇÖZELTİ, SEYRELTME VE DERİŞİM DOĞRULAMA

Kontrol	Saha karşılığı
Ticari ürün yoğunluğu	kg/L olarak kontrol edilir; sıcaklık ve lot değişimi hacimsel dozajı etkiler.
Aktif madde	Reçete saf/aktif miktar üzerinden kurulmuşsa ticari ürün yüzdesiyle düzeltilir. Tedarikçi teknik föyü ve giriş kontrolü esas alınır.
Stok çözelti türü	Ağırlık/ağırlık (% w/w), ağırlık/hacim (% w/v veya g/L) ve hacim/hacim (% v/v) birbirine karıştırılmaz.
Seyreltme sırası	Kimyasalın güvenlik bilgi formu ve üretici talimatına göre uygulanır; özellikle asit/alkali ve oksitleyicilerde su-kimyasal sırası rastgele seçilmez.
Karıştırma	Tank geometrisi, ürün viskozitesi, sıcaklık ve çökme eğilimine göre süre/devir tanımlanır; hava sürüklenme ve köpük önlenir.
Derişim doğrulama	Yoğunluk, refraktometre, iletkenlik, pH veya titrasyon gibi ürün için doğrulanmış yöntem kullanılır; yalnız hazırlanan litreye güvenilmez.

Stok çözelti kuralı

Her stok çözelti tankında ürün adı, hedef derişim, hazırlama tarihi-saati, lot, hazırlayan, son kullanım süresi, gerçek yoğunluk/analiz sonucu ve kalan miktar bulunmalıdır. Eski çözelti üzerine yeni çözelti eklemek, tank tamamen doğrulanmadan yapılmamalıdır.

13. OTOMATİK DOZAJ, TRANSFER, HAT TEMİZLİĞİ VE SİSTEM KİLİTLEMELERİ

Sistem / fonksiyon	Kontrol yaklaşımı
Toz boyarmadde otomasyonu	Lot tanıma, otomatik tartım, çözündürme/dağılım, filtreleme, hedef makine ve transfer kaydı.
Sıvı kimyasal otomasyonu	Tank seçimi, load-cell veya debimetre ölçümü, yoğunluk düzeltmesi, vana matrisi, transfer ve hat durulama.
Laboratuvar dozajı	Stok çözelti hazırlama, küçük hacim dozajı, su/tuz/boyarmadde verme ve üretim reçetesiyle veri bütünlüğü.
Tuz ve toz kimyasal sistemi	Hammadde kabulü, depolama, çözündürme, derişim, tortu, hat temizliği ve gerçek tüketim kaydı.
Sistem kilitlemeleri	Doğru ürün-doğru tank-doğru makine-doğru miktar-doğru zaman; kapak, seviye, taşma, vana konumu, hat doluluğu ve alıcı hazır sinyali.
Hat durulama	Ürün uyumu, boru uzunluğu/çapı ve sistem tasarımına göre doğrulanır; durulama suyu reçete hacmine ve atık su yüküne dahil edilir.
İzlenebilirlik	Hedef/gerçek miktar, lot, operatör, saat, tank, hat, makine, alarm, düzeltme ve tüketim raporu otomatik kaydedilir.
Entegrasyon	Reçete yönetimi, MES/ERP, makine kontrolü ve boyakimyasal otomasyonu aynı ürün kodu ve revizyonu kullanmalıdır.

Otomasyon uyarısı

Otomatik sistem yanlış reçeteyi doğru hassasiyetle uygulayabilir. Reçete revizyonu, ürün kodu, yoğunluk, aktif madde, tank içeriği ve kalibrasyon yanlışsa otomasyon hatayı büyütür. Bu nedenle yazılım, mekanik sistem ve laboratuvar doğrulaması birlikte yönetilir.

14. REÇETE VE DOZAJ HESAPLARI

Hesap	Formül / uygulama
Banyo hacmi	$\text{Kumaş ağırlığı (kg)} \times \text{banyo oranı (L/kg)} = \text{litre}$
% HT boyarmadde	$\text{Kumaş ağırlığı (kg)} \times \% \text{ HT} / 100 = \text{kg boyarmadde}$
g/L kimyasal	$\text{Banyo hacmi (L)} \times \text{g/L} / 1000 = \text{kg ticari ürün veya tanımlanan madde}$
Aktif madde düzeltmesi	$\text{Gerekli aktif miktar} / \text{ticari ürün aktif oranı} = \text{ticari ürün miktarı}$
Hacimsel dozaj	$\text{Gerekli ticari ürün (kg)} / \text{yoğunluk (kg/L)} = \text{litre}$
Seyreltme	$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$; yalnız birimler ve derişim tanımı aynıysa kullanılır.

14.1 ÖRNEK HESAP

$$\text{Dozaj debisi (L/dk)} = \text{Verilecek hacim (L)} / \text{dozaj süresi (dk)}$$

Hat içinde kalan hacim (L) = Boru kesit alanı (m²) × boru uzunluğu (m) × 1000; durulama ve reçete suyu hesabında kullanılır.

Örnek veri	Sonuç
Kumaş ağırlığı / banyo oranı	300 kg / 1:6 -> 1.800 L banyo
Boyarmadde	%2,5 HT -> 300 × 2,5 / 100 = 7,5 kg
Tuz	60 g/L -> 1.800 × 60 / 1000 = 108 kg
%50 aktif, yoğunluğu 1,10 kg/L kimyasal	Gerekli aktif 2,7 kg ise ticari ürün 5,4 kg; hacim 5,4 / 1,10 = 4,91 L
10 dakikada dozaj	4,91 / 10 = 0,491 L/dk ortalama debi

Hesap notu

Örnek eğitim içindir. Ticari ürünün reçetede aktif madde mi yoksa doğrudan ticari ürün olarak mı tanımlandığı mutlaka kontrol edilir. Banyo hacmi, makine gerçek su alma değeri ve kumaşın taşıdığı suyla doğrulanmalıdır.

15. KALİBRASYON, PROSES İÇİ VE FİNAL DOĞRULAMA KONTROLLERİ

Ekipman / kontrol	Doğrulama yöntemi
Teraziler ve load-cell	Sertifikalı ağırlıklarla sıfır, doğrusalık ve çalışma aralığı; günlük kontrol ve planlı kalibrasyon.
Debimetre / pompa	Belirli sürede gerçek kütle veya hacim ölçümü; viskozite ve yoğunluk değişiminde yeniden doğrulama.
pH ve iletkenlik sensörü	Uygun tampon/standart çözeltilerle kalibrasyon, elektrot temizliği, sıcaklık telafisi ve saha-laboratuvar karşılaştırması.
Yoğunluk ölçümü	Tanımlı sıcaklıkta hidrometre, piknometre veya tartım-hacim yöntemi; lot değişiminde kontrol.
Derişim / aktif madde	Ürüne özel titrasyon, refraktometre, iletkenlik veya yoğunluk eğrisi; sonuç limitleri ürün bazında.
Hat temizliği	Durulama sonu iletkenlik, pH, renk veya ürün bazlı hızlı test; yalnız belirli litre su verilmesi yeterli kabul edilmez.
Transfer doğrulaması	Hedef-gerçek miktar, alıcı tank seviye değişimi, hat basıncı, vana konumu ve makine teyidi birlikte değerlendirilir.
Final karşılaştırma	Laboratuvar/üretim suyu, boyarmadde lotu, gerçek tüketim, pH-iletkenlik eğrisi ve renk sonucu aynı parti kaydında birleştirilir.

15. PROSES İÇİ VE FİNAL DOĞRULAMA KONTROLLERİ

Aşama	Kontrol içeriği
Su hazırlama	Kaynak, tank, sertlik, pH, iletkenlik, demir/mangan trendi, rejenerasyon ve kullanım noktası.
Ürün kabulü	Ad, lot, ambalaj, miktar, sertifika, görünüm, yoğunluk/pH ve gerekiyorsa aktif madde.
Tartım	Reçete revizyonu, ürün kodu, dara, hedef-gerçek, terazi, operatör ve barkod.
Hazırlama	Su hacmi/sıcaklığı, karıştırma, süre, derişim, filtre, tank ve hazırlama saati.
Transfer	Hat, vana, alıcı makine, debi, gerçek miktar, durulama ve alarm.
Makine prosesi	Dozaj başlangıç-bitiş, pH, iletkenlik, sıcaklık, numune ve sapma kaydı.
Final	Renk, haslık, tekrar işlem, gerçek tüketim, su/kimyasal kg başına tüketim ve kök neden.

15.1 KARŞILAŞTIRILABİLİRLİK İÇİN TEMEL KURALLAR

- Laboratuvar ve üretimde kullanılan su hattı veya su karışım oranı aynı olmalı; değilse iletkenlik, sertlik ve alkalinite farkı kayıt altına alınmalıdır.
- Boyarmadde ve kimyasal ürün kodu, lotu, aktif madde/yoğunluk bilgisi ve reçete revizyonu aynı olmalıdır.
- Stok çözelti derişimi yalnız teorik hesapla değil, ürün için doğrulanmış analiz veya yoğunluk kontrolüyle onaylanmalıdır.
- Otomasyon raporundaki hedef ve gerçek miktar ile makine prosesi kaydı aynı parti numarasıyla eşleştirilmelidir.
- Numune sapmasında önce su, tartım, derişim, hat karışması ve dozaj sırası kontrol edilmeli; doğrudan boyarmadde ilavesine geçilmemelidir.
- Kalibrasyon geçmişi ve alarm kayıtları kök neden incelemesinin parçasıdır; “cihaz otomatik verdi” tek başına doğrulama değildir.

Teknik karar kuralı

Renk sapması yalnız boyarmadde miktarına bağlanmaz. Su sertliği ve iyon yükü, yanlış stok derişimi, ürün yoğunluğu, transfer hattında kalan miktar, hat karışması, dozaj süresi ve makine gerçek banyo hacmi birlikte incelenir.

16. SAPMA, KARIŞMA, TEMİZLİK, BAKIM VE İŞ GÜVENLİĞİ

Durum	Zorunlu işlem
Sertlik veya metal limiti dışı	Su hattı durdurulur/ayrılır; ölçüm doğrulanır, etkilenen tank ve partiler belirlenir, arıtma-bypass-korozyon incelenir.
Yanlış ürün veya lot	Transfer durdurulur, kap/hat/makine karantinaya alınır; karışan miktar hesaplanmadan düzeltme yapılmaz.
Değişim sapması	Tank homojenliği ve analiz doğrulanır; teorik su/ürün eklemesi yetkili onay ve yeniden analizle yapılır.
Hat karışması / yetersiz durulama	Hat içeriği ve ölü hacim hesaplanır; ürün uyumu, pH, iletkenlik ve renk kontrolüyle temizlik doğrulanır.
Pompa/debimetre sapması	Manuel ölçümle doğrulanır; kalibrasyon, hava alma, filtre, vana, viskozite ve yoğunluk kontrol edilir.
Dökülme / sızıntı	Bölge izole edilir; güvenlik bilgi formu, uygun kişisel koruyucu donanım ve dökülme planı uygulanır. Kontrolsüz karıştırma veya nötrleme yapılmaz.
Bakım sonrası başlatma	Tank içeriği, vana yönü, conta/hat malzemesi, sensör, kalibrasyon, kör tapa ve ilk transfer suyla doğrulanır.

Temizlik kuralı

“Temiz görünüyor” kabul kriteri değildir. Boyarmadde ve kimyasal tankı, karıştırıcı, kapak, filtre, pompa ve boru hattı için ürün değişim sırası, temizlik yöntemi, doğrulama testi ve kayıt formu bulunmalıdır. Uyumsuz kimyasallar aynı temizlik suyunda kontrolsüz birleştirilmemelidir.

17. FORMLAR, KAYITLAR, PERFORMANS GÖSTERGELERİ VE KAYNAK VERİMLİLİĞİ

Kayıt / gösterge	İçerik
Su analiz formu	Nokta, tarih-saat, kaynak, pH, iletkenlik, sertlik, demir/mangan, bulanıklık, klor ve sonuç kararı.
Yumuşatıcı takip formu	Kolon, işlenen hacim, giriş/çıkış sertliği, rejenerasyon, tuz, basınç farkı ve sertlik kaçağı.
Ürün kabul kartı	Ürün/lot, miktar, ambalaj, sertifika, yoğunluk, pH, aktif madde, kabul/karantina.
Hazırlama reçetesi	Tank, ürün, lot, hedef-gerçek, su, sıcaklık, karıştırma, süre, filtre ve analiz sonucu.
Transfer / dozaj raporu	Makine, parti, hat, hedef-gerçek miktar, debi, başlangıç-bitiş, durulama, alarm ve operatör.
Kalibrasyon kartı	Ekipman, seri no, standart, sonuç, sapma, düzeltme, tarih ve sonraki kontrol.
Kalite KPI	İlk seferde doğru üretim, su/kimyasal kaynaklı ilave, yanlış dozaj, hat karışması ve tekrar üretim oranı.
Verimlilik KPI	L/kg su, kg/ton tuz-kimyevi, boya kaybı, durulama suyu, rejenerasyon suyu-tuzu, kWh/m ³ su ve otomasyon kullanılabilirliği.

17.1 SU, KİMYASAL VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

- Su tüketimi toplam sayaçtan değil; proses, yıkama, mutfak, hat durulama, rejenerasyon ve temizlik alt sayaçlarından izlenmelidir.
- Yetersiz çözündürme veya hat temizliği nedeniyle atılan boyarmadde, yalnız ürün kaybı değil su, enerji, zaman ve atık su yükü kaybıdır.
- Stok çözeltiler gereğinden yüksek hacim veya kısa kullanım süresiyle hazırlırsa yaşlanma, tortu ve imha miktarı artar.
- Otomatik dozajda gereksiz uzun durulama suyu azaltılırken çapraz bulaşma riski artırılmamalı; doğrulama testi korunmalıdır.
- Yumuşatıcı rejenerasyonu giriş sertliği ve işlenen hacme göre optimize edilmeli; erken rejenerasyon su/tuz, geç rejenerasyon kalite kaybı yaratır.
- KPI değerlendirmesi kalite, yeniden işlem, ilk seferde doğru üretim ve gerçek tüketimle birlikte yapılmalıdır.

$$\text{Su tüketimi (L/kg)} = \text{Toplam proses suyu (L)} / \text{İşlenen kumaş (kg)}$$

Dozaj doğruluk oranı (%) = $100 - [| \text{Hedef} - \text{Gerçek} | / \text{Hedef} \times 100]$; ürün ve miktar aralığına göre ayrı izlenir.

18. KARAR MATRİSİ, VARDİYA KONTROL LİSTESİ, SORULAR VE TEKNİK KAYNAKLAR

Bulgu / hedef	Doğru ilk işlem
Yumuşatıcı çıkışında sertlik	Ölçümü doğrula; by-pass, tuz, rejenerasyon, vana, debi ve reçineyi kontrol et; suyu karantinaya al.
İletkenlik aniden yükseldi	Kaynak/hat karışması, geri kazanılmış su, rejenerasyon, tank ve numune noktasını karşılaştır.
Açık renkte metal lekesi şüphesi	Demir-mangan, tank/hat korozyonu, filtre ve peroksit banyosunu incele; yalnız iyon tutucu artırma.
Boyarmadde filtresinde yüksek tortu	Ürün sınıfı, su sıcaklığı/hacmi, karıştırma, derişim, pH, bekleme ve filtreyi kontrol et.
Sıvı kimyasal gerçek tüketimi yüksek	Yoğunluk/aktif madde, debimetre, kaçak, hat hacmi, durulama ve reçete birimini doğrula.
Otomasyon doğru miktarı göstermiyor	Load-cell/debimetre kalibrasyonu, hava, vana, tank seviye, yoğunluk ve yazılım ürün kodunu karşılaştır.
Laboratuvar-üretim tonu farklı	Su hattı, sertlik-iletkenlik-alkalinite, stok çözelti, lot, gerçek banyo hacmi ve dozaj eğrisini eşleştir.

18.1 VARDİYA BAŞLATMA KONTROL LİSTESİ

- Ham, yumuşak, ters ozmoz ve geri kazanılmış su tank seviyeleri ile doğru hat/valf konumları kontrol edildi.
- Yumuşatıcı çıkış sertliği, ana hat pH ve iletkenliği ölçüldü; sonuçlar kabul penceresinde.
- Boyarmadde ve kimyasal tank etiketleri, lotlar, yoğunluk/derişim bilgileri ve son kullanım durumları doğrulandı.
- Terazi, load-cell, debimetre, pH ve iletkenlik sensörlerinin günlük kontrolü tamamlandı.
- Hazırlama tankları, filtreler, pompalar ve transfer hatları temiz; önceki üründen kalıntı yok.
- Reçete revizyonu, makine/parti numarası, ürün kodu ve hedef-gerçek dozaj ekranı eşleşiyor.
- Dökülme ekipmanı, kişisel koruyucu donanım, havalandırma, duş-göz duşu ve acil durdurma sistemleri hazır.

18.2 KISA DEĞERLENDİRME SORULARI

- Yumuşatma işlemi neden iletkenliği düşürmek zorunda değildir?
- Sertlik kaçağında neden yalnız reçine kapasitesine bakmak yeterli değildir?
- Reaktif boyarmadde çözeltisi ile dispers boyarmadde dağılımı neden aynı hazırlanamaz?
- % HT, g/L, aktif madde yüzdesi ve yoğunluk hangi hesaplarda kullanılır?
- Otomatik dozaj sistemi hangi durumda hatayı azaltmak yerine büyütebilir?
- Hat temizliği yalnız verilen su litresiyle neden doğrulanamaz?

18.3 TEKNİK KAYNAKLAR

- ISO 6059 - Water quality: calcium and magnesium toplamının EDTA titrasyonu ile belirlenmesi; toplam sertlik kontrolünün referans çerçevesi.
- ISO 7888 - Water quality: elektriksel iletkenlik ölçümü ve sıcaklık etkisinin yönetimi.
- ISO 10523 - Water quality: pH ölçümü, elektrot ve kalibrasyon yaklaşımı.
- ISO 6332 ve ISO/TS 15923-2 - Suda demir, mangan, toplam sertlik, kalsiyum ve magnezyumun doğrulanmış analiz yöntemleri.
- AATCC - Textile Chemicals: su sertliğinin ve metal iyonlarının ön terbiye-boyamada iyon tutucularla yönetilmesine ilişkin sektör çerçevesi.
- ELiAR - ADW/RDD toz boyarmadde; RD96/SLD sıvı kimyasal; LABx laboratuvar ve SALT otomasyon sistemleri: tartım, transfer ve izlenebilirlik yaklaşımı.
- Color Service - Textile automatic dosing and dissolving systems: üretim/laboratuvar için toz boyarmadde, sıvı yardımcı kimyasal ve otomatik çözündürme sistemleri.
- Sedo Treepoint - Sedomat 6000/8000, SedoMaster ve ColorMaster: makine kontrolü, reçete yönetimi, tüketim kaydı ve dozaj sistemi entegrasyonu.

Sonuç

Boyahane suyu, boyarmadde-kimyasal hazırlama ve dozaj sistemi tek bir kontrol zinciridir. Doğru suyu hazırlamak; doğru ürünü doğru derişimde hazırlayıp doğru hatta, doğru miktarda ve doğru zamanda vermek; ancak ölçüm, kalibrasyon, temizlik, izlenebilirlik ve vardiya disiplininin birlikte uygulanmasıyla sürdürülebilir.

- Tedarikçi teknik föyleri ve güvenlik bilgi formları: boyarmadde/kimyasal çözündürme, seyreltme, ürün uyumu, depolama ve iş güvenliğinde bağlayıcı işletme kaynağı.