

# Özgün Tasarımlı CHE'nin Performansını Etkileyen Parametrelerin Makine Öğrenmesi Teknikleri ile Tahmin Edilmesi

Dr. Öğr. Üyesi Sinan UĞUZ- Yazılım Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi



## ÖZET

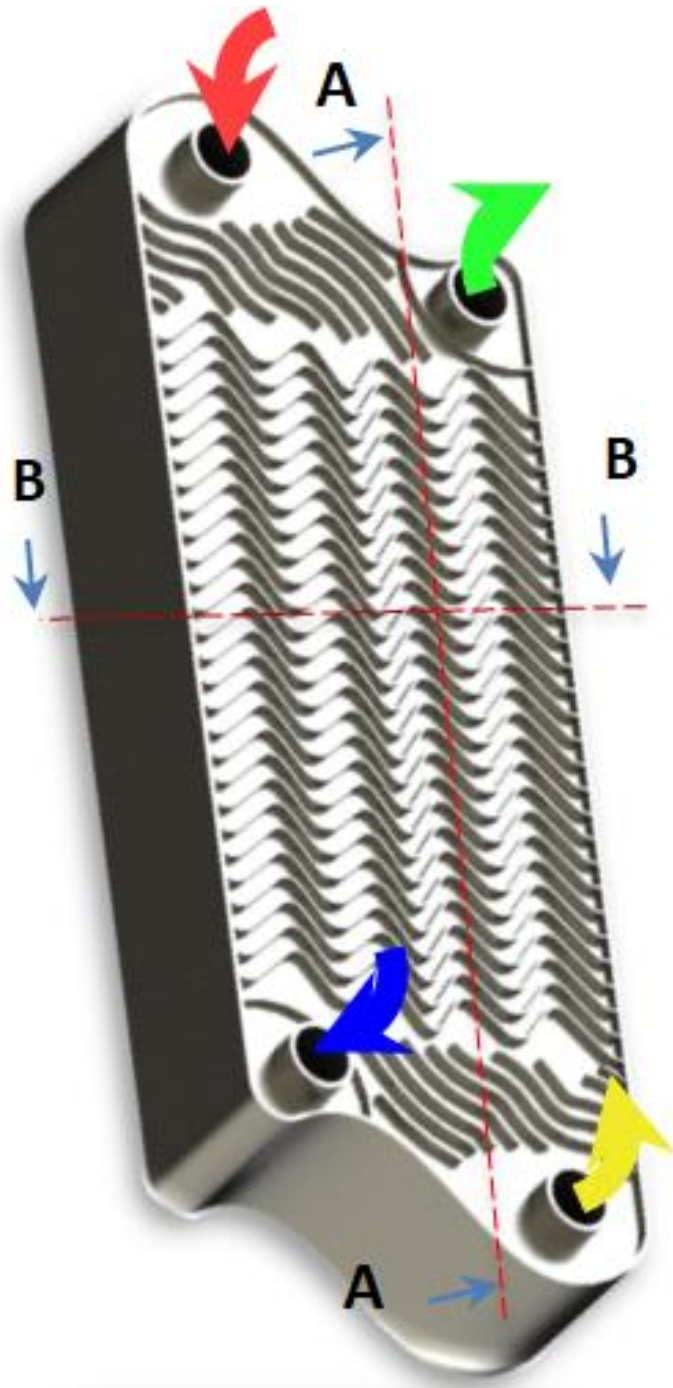
**Metal eklemeli imalat (MAM) teknolojisi**, özgün tasarımların üretilmesi ve üretim zamanının kısaltılması açısından önemli avantajlara sahiptir. Bu nedenle, bu teknoloji, geleneksel yöntemle üretilmeyen kompakt ve karmaşık geometrili ısı değiştiricilerin üretilmesi için de güncel bir metottür. Sunulan bu çalışmada, MAM teknolojisiyle üretilmiş inovatif tasarımlı **kompakt ısı değiştirici (CHE)**'nin analiz ve test aşamasında bazı deneyler gerçekleştirilmiştir. Deney sayısının artmasının zaman ve maliyet bakımından oluşturduğu olumsuz etki göz önüne alınarak gerçekleştirilemeyen deneylere ait sonuçları tahmin etmek için makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak çeşitli modeller geliştirilmiştir.

## 1. ÖZGÜN CHE TASARIMI

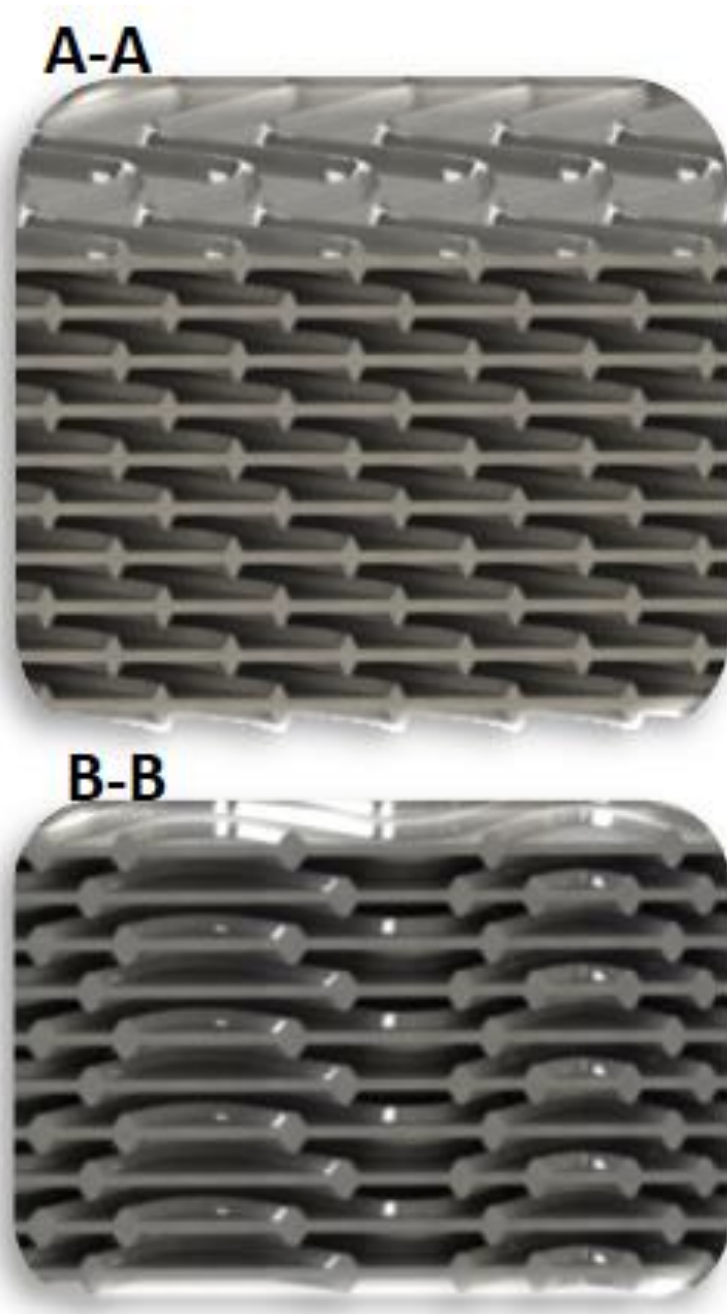
**Isı değiştiriciler (Eşanjörler)**, farklı sıcaklıklara sahip iki akışkan arasında, birbiri içerisinde karışmalarına müsaade etmeden ısı transferinin gerçekleştirildiği cihazlardır. Isıtma sistemlerinde, klima sistemlerinde, kimyasal proseslerde ve güç santrallerinde kullanılırlar.

**Kompakt ısı değiştiriciler** ise, birim hacim başına çok daha geniş ısı transfer alanları elde etmek için özel geometriler ile dizayn edilmiş ısı değiştiricilerdir.

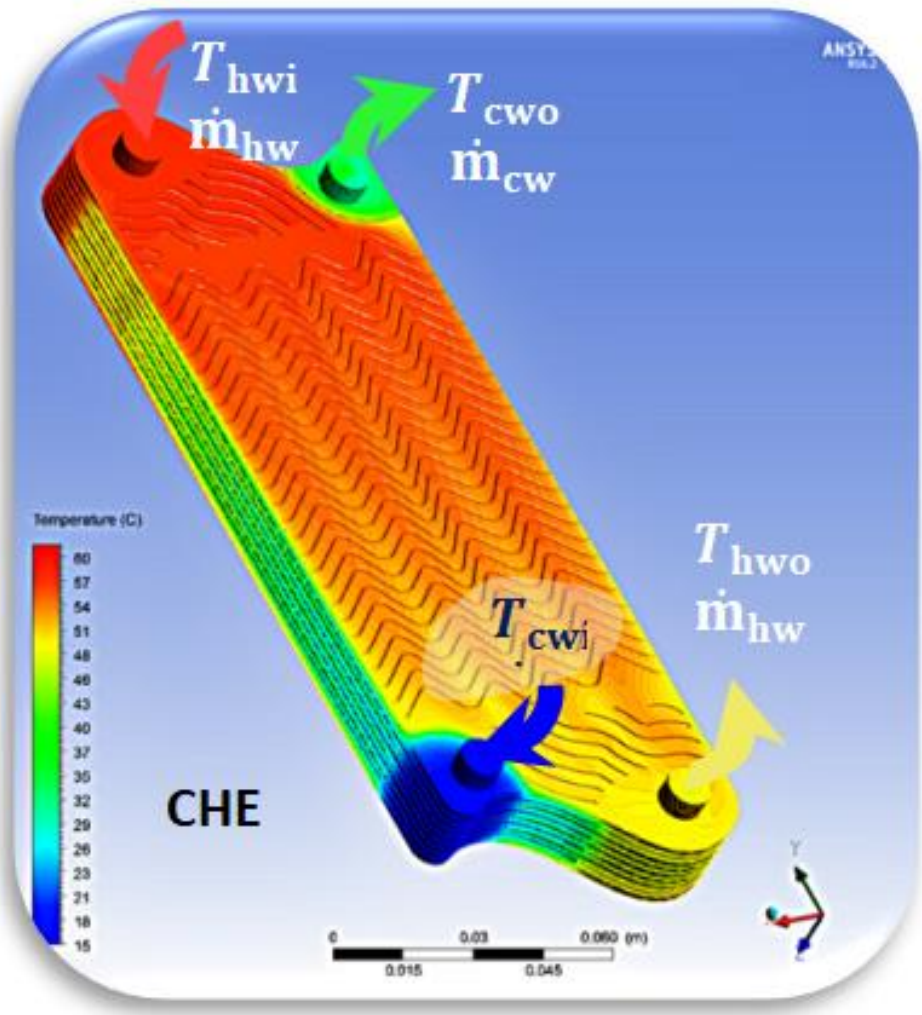
**Şekil 1'de**, MAM teknolojisi ile üretilmiş özgün CHE'nin 3D CAD tasarımı görülmektedir. **Şekil 2'de**, CHE'nin kesit geometrileri verilmiştir. **Şekil 3'de** ise Ansys-Fluent ile yapılan hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) analizleri görülmektedir.



Şekil 1: Özgün CHE'nin tasarımı



Şekil 2: Kesit geometrileri



Şekil 3: CFD Analizi



Şekil 4: Üretilen CHE

## 2. DENEY DÜZENEĞİ

CHE'nin ısı transfer performansı **Şekil 5'de** görülen deney düzeneği ile test edilmiştir. Burada **1** numara Sıcak su tankı, **2** numara PLC kontrol ünitesi ve **3** numara soğuk su tankını ifade etmektedir.



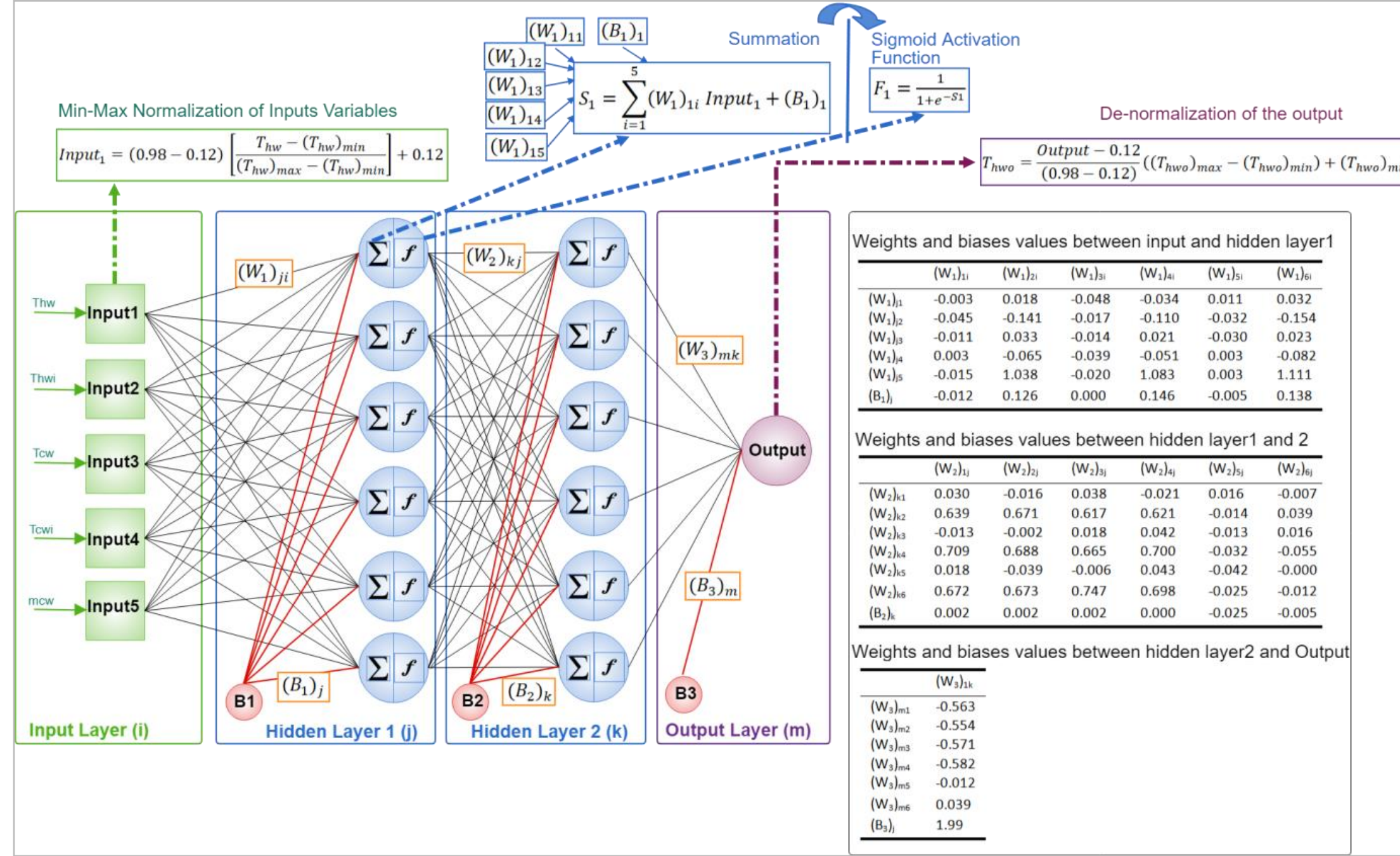
Şekil 5: Deney düzeneği

## 3. DENEYSEL VERİ SETİNİN ÖZETİ

Tablo 1. Kullanılan deneysel verilerin özeti

| $m_{hw}$ | Total Sample | Input Variables |           |           |           | Output Variables |           |           |
|----------|--------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|
|          |              | $T_{hw}$        | $T_{hwi}$ | $T_{cw}$  | $T_{cwi}$ | $m_{cw}$         | $T_{hwo}$ | $T_{cwo}$ |
| 6        | 2095         | 55.5-64.8       | 59.7-60.3 | 9.5-25.9  | 14.6-15.1 | 2.9-19.1         | 40.0-47.1 | 23.8-41.4 |
| 7        | 1967         | 59.0-64.9       | 59.9-60.2 | 15.2-66.6 | 14.6-15.5 | 2.9-10.1         | 41.2-48.7 | 27.1-42.3 |
| 8        | 1664         | 57.0-64.6       | 59.8-60.3 | 14.9-23.9 | 14.6-15.1 | 2.9-10.1         | 42.7-49.5 | 28.2-43.4 |
| 9        | 1837         | 59.5-63.8       | 59.7-60.3 | 14.9-28.6 | 14.6-15.1 | 3.0-10.1         | 43.7-50.5 | 29.3-44.2 |
| 10       | 2490         | 58.6-65.2       | 59.8-60.4 | 14.9-28.0 | 14.6-15.1 | 3.0-10.0         | 44.7-51.4 | 29.9-45.1 |
| 11       | 325          | 62.2-63.7       | 59.8-60.2 | 15.1-15.6 | 14.5-15.1 | 5.9-6.7          | 47.3-48.2 | 35.2-36.9 |
| 12       | 947          | 60.1-63.7       | 59.6-60.1 | 15.1-29.2 | 14.7-15.1 | 2.9-8.1          | 46.9-52.7 | 33.1-44.2 |

## 4. YSA MODELİ



## 5. MLR İLE TÜRETİLEN DENKLEMLER

$T_{hwo}$  için Multiple linear regression ile türetilen denklemler

| $m_{hw}$ | Equations   |
|----------|---|
| 6        | $T_{hwo} = -127.231 - 0.041T_{hw} + 2.607T_{hwi} + 1.491T_{cwi} - 0.937m_{cw}$              |
| 7        | $T_{hwo} = -122.217 + 2.299T_{hwi} - 0.298T_{cw} + 2.321T_{cwi} - 0.891m_{cw}$              |
| 8        | $T_{hwo} = 51.819 - 0.138T_{hw} + 0.791T_{hwi} - 0.046T_{cw} - 2.546T_{cwi} - 0.988m_{cw}$  |
| 9        | $T_{hwo} = 51.137 + 0.043T_{cw} - 0.8785m_{cw}$   |
| 10       | $T_{hwo} = -80.589 + 0.058T_{hw} + 1.557T_{hwi} - 0.026T_{cw} + 2.455T_{cwi} - 0.809m_{cw}$ |
| 11       | $T_{hwo} = 34.572 - 0.130T_{hw} + 0.155T_{hwi} + 0.402T_{cw} + 0.538T_{cwi} - 0.335m_{cw}$  |
| 12       | $T_{hwo} = -2.824 - 0.095T_{hw} + 0.768T_{hwi} + 0.006T_{cw} + 0.997T_{cwi} - 1.001m_{cw}$  |

$T_{cwo}$  için Multiple linear regression ile türetilen denklemler

| $m_{hw}$ | Equations  |
|----------|--|
| 6        | $T_{cwo} = -210.856 - 0.073T_{hw} + 3.880T_{hwi} + 1.890T_{cg} - 2.069m_{cw}$                |
| 7        | $T_{cwo} = -235.450 - 0.078T_{hw} + 3.719T_{hwi} - 0.064T_{cw} + 4.311T_{cwi} - 1.947m_{cw}$ |
| 8        | $T_{cwo} = 48.629 - 0.255T_{hw} + 1.629T_{hwi} - 0.106T_{cw} - 5.362T_{cwi} - 2.186m_{cw}$   |
| 9        | $T_{cwo} = 108.634 - 0.110T_{hw} - 0.758T_{hwi} + 0.081T_{cw} - 0.632T_{cwi} + 2.015m_{cw}$  |
| 10       | $T_{cwo} = -211.447 + 0.091T_{hw} + 2.910T_{hwi} - 0.075T_{cw} + 5.458T_{cwi} - 1.993m_{cw}$ |
| 11       | $T_{cwo} = 29.583 - 0.206T_{hw} + 1.030T_{cw} + 0.615T_{cwi} - 0.877m_{cw}$                  |
| 12       | $T_{cwo} = 42.987 + 0.411T_{cwi} - 2.082m_{cw}$  |

## 6. PERFORMANS DEĞERLENDİRME

| $m_{hw}$ | Training Process |       |      |       | Testing Process |       |       |       |
|----------|------------------|-------|------|-------|-----------------|-------|-------|-------|
|          | $R^2$            | MAE   | MSE  | MedAE | $R^2$           | MAE   | MSE   | MedAE |
| 6        | 0.936            | 0.192 | 0.06 | 0.144 | 0.938           | 0.199 | 0.061 | 0.164 |
| 7        | 0.941            | 0.200 | 0.05 | 0.180 | 0.942           | 0.219 | 0.061 | 0.209 |
| 8        | 0.963            | 0.153 | 0.03 | 0.129 | 0.962           | 0.161 | 0.037 | 0.142 |
| 9        | 0.927            | 0.153 | 0.07 | 0.153 | 0.919           | 0.225 | 0.080 | 0.182 |
| 10       | 0.958            | 0.167 | 0.04 | 0.152 | 0.959           | 0.165 | 0.040 | 0.145 |
| 11       | 0.896            | 0.218 | 0.10 | 0.128 | 0.797           | 0.370 | 0.202 | 0.343 |
| 12       | 0.977            | 0.109 | 0.02 | 0.086 | 0.961           | 0.137 | 0.038 | 0.089 |

Bu çalışma, **TUBİTAK 1001, 210M070** adlı proje altında, TUBİTAK tarafından fon desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.