

Traktör Performans Testlerinde Evaporatif Soğutma Sisteminin Ortam Sıcaklığı Üzerine Etkisi

Hasan SİLLELİ¹, Halil KARKİN², Kamil CAN²

¹Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Ankara

²Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü Yenimahalle/ ANKARA
hsilleli@agri.ankara.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 15.05.2013

Accepted (Kabul Tarihi): 25.07.2013

Özet: Atmosferik koşullar dizel motorların performansını etkilemektedir. Bu durum göz önüne alındığında tasarlanmış olduğundan farklı bir atmosferik koşulda çalışan, traktörün performansı üretici firma tarafından belirtilenden farklı olacaktır. Bu nedenle OECD performans testleri 23°C +/- 7 °C'de gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada OECD Kod 2'nin istediği sınırlarda test yapma imkanını artıran evaporatif soğutma sisteminin etkinliği araştırılmıştır. Gerçekleştirilen testlerde sistemin PTO Performans Testleri için son derece uygun olduğu kanaatine varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Tarım ve orman traktörleri, performans testleri, Kod 2, atmosferik koşullar

The Effect of Evaporative Cooling System on Ambient Air Temperatures during PTO Tests

Abstract: Atmospheric conditions have an important effect on performance of diesel engines. When it is considered the situation tractors running on different atmospheric conditions than the designing environment, the performance of the tractor will be different from that specified by manufacturer. For this reason OECD performance tests shall be carried out at ambient temperature of 23°C +/- 7 °C. In this study an evaporative cooling system that would be increased the testing possibility of OECD Code 2 was investigated. As a result of research it is satisfied that the system is convenient for PTO Performance Test.

Key words: Agricultural and forestry tractors, performance tests, Code 2, atmospheric conditions

GİRİŞ

Traktör performansının değerlendirilmesinde ve traktörlerin karşılaştırılmasında kullanılan, uluslararası geçerliliği olan testlerin en önemlisi OECD Kod 2 "Tarım ve Orman Traktörlerinin Performansı için OECD Standart Kodu" olarak kabul edilir. OECD Traktör Performans Kodu farklı test prosedürleri içerir. Bunların bazıları **Zorunlu** (temel kuyruk mili, çeki testi, yakıt tüketimi, hidrolik güç ve hidrolik kaldırma kuvveti) bazıları da zorunlu testlerin değerlendirilmesinde kullanılan farklı parametrelerin belirlendiği **İsteğe Bağlı** testlerdir (dönme dairesi çapı, ağırlık merkezi, fren ya da dışa yayılan gürültü seviyesi vb). Traktörlerin performans testi sırasında belirlenen motor karakteristik eğrileri Kod 2'nin en temel testi olarak bilinir (OECD 2012). Ülkemizde kredili satılabilmesi veya OECD ülkelerine doğrudan satışın yapılabilmesi için her traktörün bu test ile değerlendirilmesi gereklidir. Traktörü oluşturan sistemler (yani motor, trans-

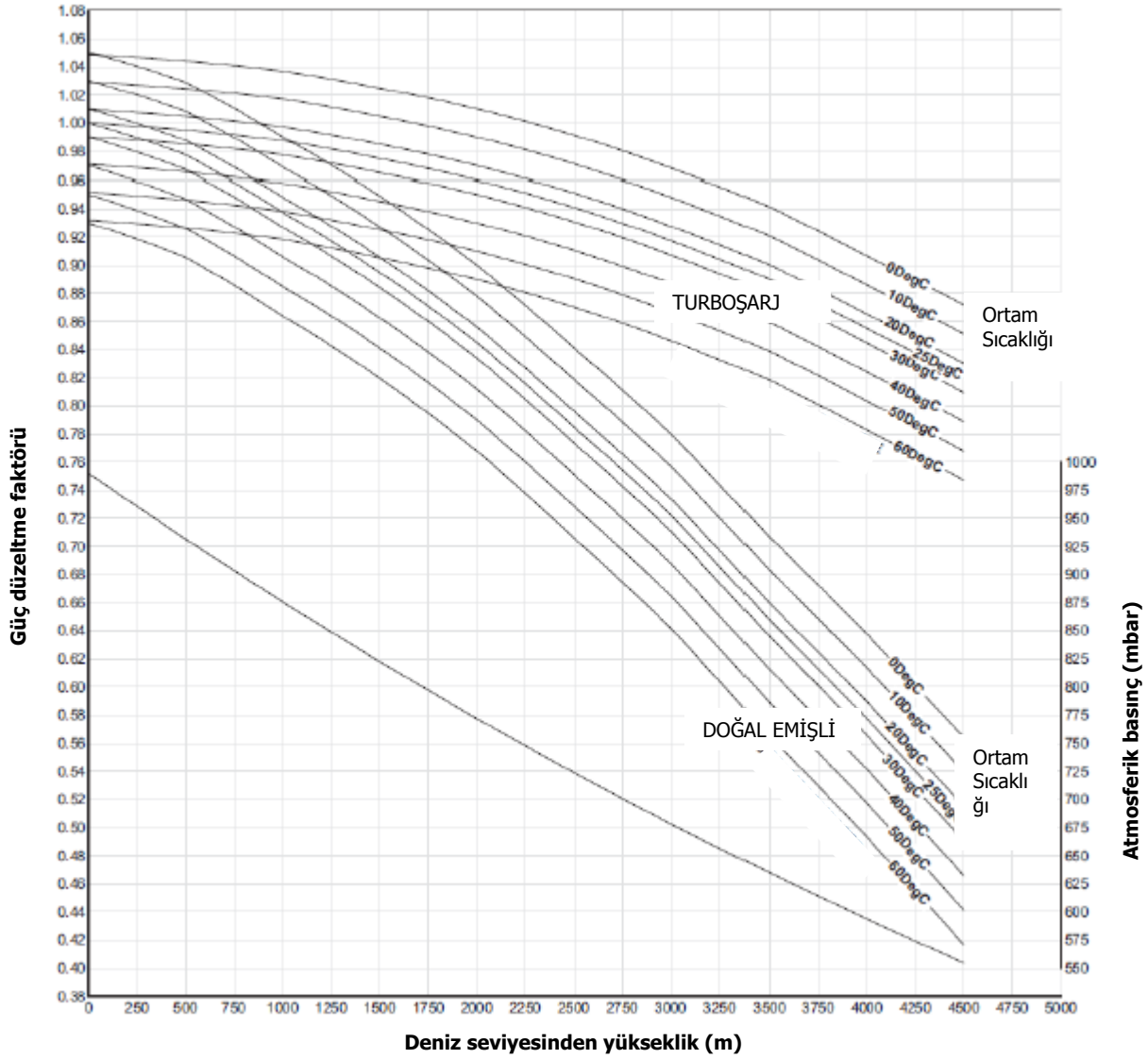
misyon ve hidrolik sistem) ekstrem yükseklik ya da ortam sıcaklığı nedeniyle diğer araçlara kıyasla daha fazla etkilenmektedir. Değişen koşullar araçta diğer testlere nazaran en çok motor performansını etkiler (OECD 2013).

Motor performansı ve etkinliği; ortam sıcaklığı, atmosferik basınç ve bağıl nemin oluşturduğu şartlar nedeniyle değişen yanma etkinliğine bağlıdır. Bu değişkenlik bugüne kadar gerçekleştirilen çok sayıdaki araştırma ile üzerinde şüphe götürmeyecek şekilde belirlenmiştir. Şekil 1 atmosfer basıncının performans üzerindeki etkisinin yanında rakım ya da irtifa ve aynı zamanda ortam sıcaklığındaki değişimin motor performansına olan etkisini açık bir şekilde göstermektedir. Diğer taraftan motor üreticileri bu değişkenlerin etkisini turbo şarj, intercooling ve elektronik kontrol yöntemleriyle azaltıyor olsalar da yine de motor performans testlerinin belirli sınır koşullar altında gerçek-

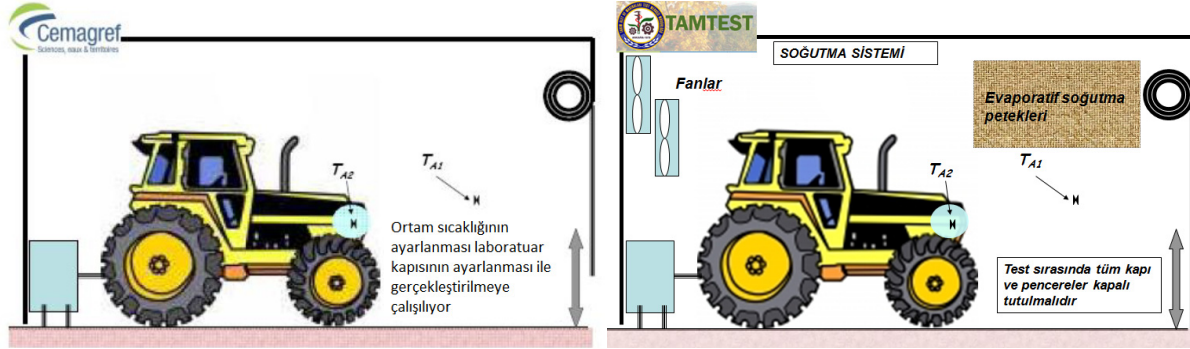
leştirilmesi gerekmektedir. Özellikle rakım/basınç ve sıcaklık değişimine yönelik düzeltmeleri ISO 15550:2002 de görmek mümkündür. Ancak OECD Kodları bu tür düzeltmelere izin vermekten çok sınır şartlar koymaktadır. Bu amaçla örneğin atmosferik basıncın 96.6 kPa'dan düşük olduğu koşullarda test yapılmasına izin vermez ancak bu değişim deniz seviyesinden yükseklik nedeniyle ise üreticiye yakıt pompasının set değerlerinde değişiklik yapılmasına izin verilir (OECD 2013).

OECD'nin getirdiği bir diğer sınırlama ise ortam sıcaklığının test sırasında traktörün 2 m önünde ve

1.5 m yükseklikte ölçüldüğünde $23^{\circ}\text{C} \pm 7^{\circ}\text{C}$ kalması şeklindedir. Diğer bir ifade ile test koşullarının 30°C ile 16°C arasında değişebileceği anlamına gelmektedir. Bu sınırlama ülkemizin ve diğer sıcak ülkelerin yaz aylarındaki iklim verileri dikkate alındığında, özellikle Temmuz ve Ağustos ayları boyunca, traktör performans testlerinin yapılamayacağı sonucunu doğurur. O nedenle sıcak ülkelerdeki test kuruluşları yaz aylarında testlerini sabah erken saatlerde veya gece geç saatlerde kısa süreli yapılabilmektedirler. Test kuruluşları test ortamının sıcaklığını istenilen seviyelerde tutmak için çeşitli havalandırma yöntemleri



Şekil 1. Deniz seviyesinden yüksekliğe bağlı atmosferik basıncın ve ortam sıcaklığının güç üzerine etkisi (OECD 2013)



Şekil 2. CEMAGREF ve TAMTEST'in uygulamada kullandığı soğutma yöntemleri (OECD 2010)

deneseler de uygun bir şartlandırıcı ya da air-conditioner kullanmadıkları sürece yılın tümünü kullanamamaktadır. Test kuruluşları (Fransa, İspanya, Avusturya ve İtalya) ortam sıcaklığını düşürebilmek için genelde laboratuvar kapısını açmak ya da traktör nedeniyle iyice ısınan havanın dışarıya atılmasını sağlamak amacıyla fan kullandıklarını belirtmişlerdir. (OECD 2010c). Almanya ve Kore ise test sistemlerinde klima ile soğutulmuş hava kullanmaktadır, bu yöntem ise soğutma ve uygulama yönteminin uygun olmamasının yanında işletme maliyetinin yüksek olması nedeniyle çok olumlu görülmemektedir (OECD 2011). Şekil 2'de CEMAGREF (Şimdiki adı-IRSTEA) ve Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü (TAMTEST)'te uygulanan yöntemler görülmektedir. CEMAGREF ortam sıcaklığını ayarlamak için laboratuvar kapısının açılma aralığını değiştirirken TAMTEST ise 2010 yılında kurulumunu gerçekleştirdiği evaporatif soğutma sistemi sayesinde testleri dış ortam sıcaklığından bağımsız olarak, yılın her döneminde yapılabilir hale getirmiştir. TAMTEST'te kurulan soğutma sistemi bu anlamda dünyada ilk olma özelliğini taşımaktadır.

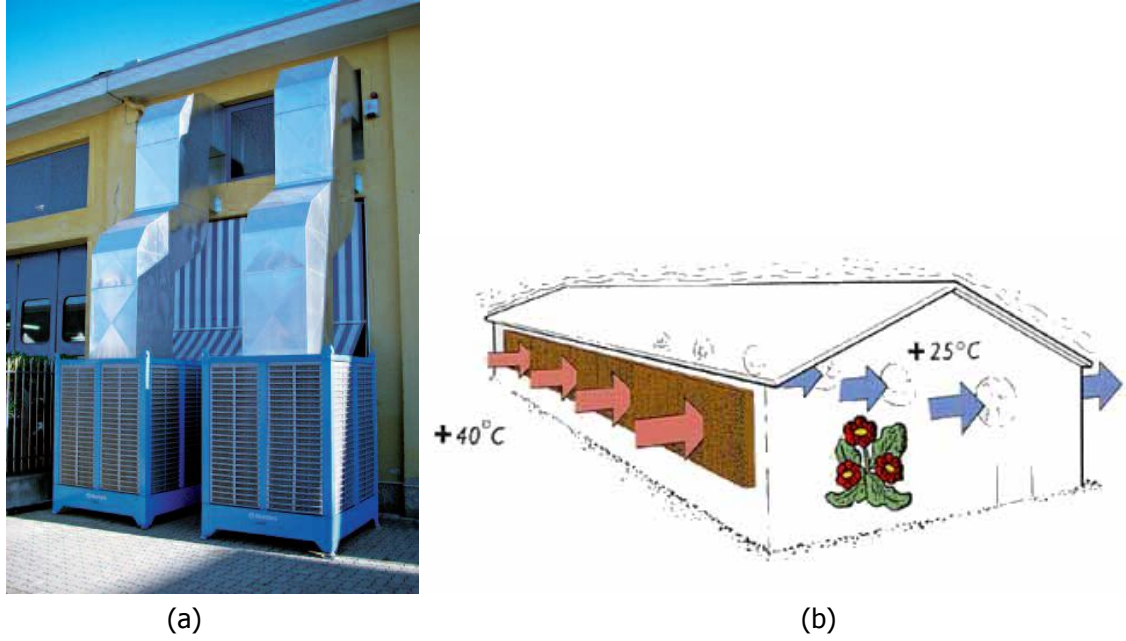
Evaporatif Soğutma Sisteminin Çalışma Prensibi

Evaporatif soğutma sistemi bir selüloz petekte ya da uygun bir ortam içinde havanın şartlandırılması mantığına göre çalışır. Petek ya da ortam içerisinden akan su buharlaşarak havadaki ısı enerjisini alır. Sistem basit bir pompa ve fan sayesinde ortamdaki sıcak veya kirlenmiş havanın taze ve serin hava ile değiştirilmesini sağlar. Bu ekonomik ve basit sistem optimal sıcaklık ve nem kombinasyonu sayesinde konforlu bir iklimlendirme yapar. Evaporatif soğutma sabit entalpide gerçekleşen adyabatik bir işlemdir. Sistem su ve hava arasındaki enerji değişimini kullanır.

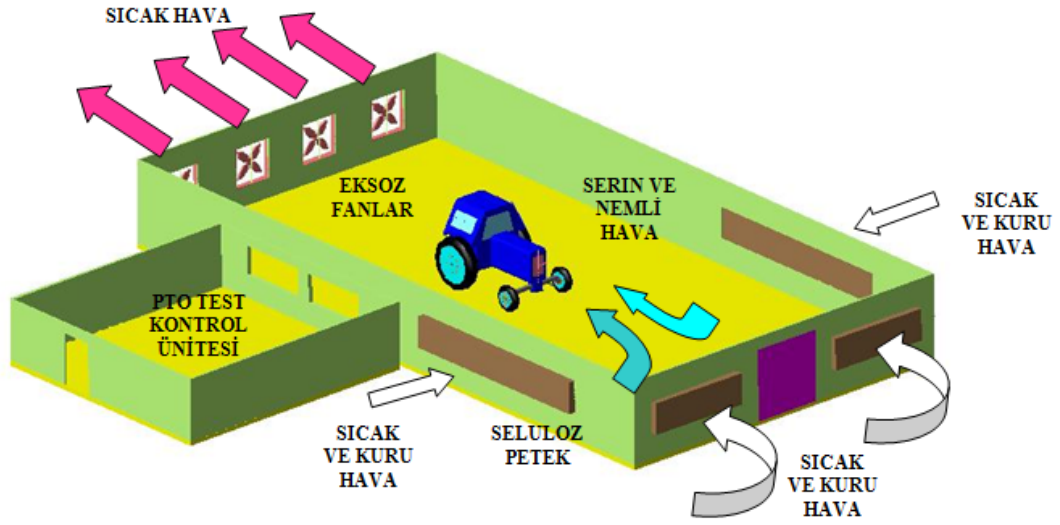
Hava içindeki enerji duyulur ısı ve gizli ısı diğer anlamda hava içerisinde suyun buharlaştırılmasını sağlayan ısı olarak iki parçaya ayrılabilir. Evaporatif soğutucu sistemler dışarıdan sağlanan düşük bir enerji ile gizli ısıyı artırır bunun yanında duyulur ısıyı düşürürler. Evaporatif soğutucular genel olarak selülozik petekler kullanır ve daha çok fan/pad soğutma sistemi olarak bilinirler. Petek bir su dağıtıcı ve pompa sayesinde sürekli ıslak tutulur. Soğutma için iki farklı yöntem kullanılır. Birinci yöntemde sistem kompakt yapıdadır ve yüksek güçlü santrifüj fan havayı dışarıdan emer ve petek üzerinden geçirilmesini sağlayarak içeri gönderir. Bu sırada petek içerisinden geçen doymuş hava soğur ve zorlanmış halde istenilen yere gönderilir (Yüksek basınçlı sistem; Şekil 3a). İkinci yöntemde ise petek ve fan farklı duvarlara yerleştirilir. Karşı duvara yerleştirilen fanlar petek içerisinden havayı çekerken içeride basınç düşümü sağlarlar bu sırada petek üzerine yerleştirilen borulardan akan su buharlaşır, içerideki hava aksiyal fanlar sayesinde temiz hava ile yer değiştirirken ortam yine soğur. (Şekil 3b)

Bu tür bir soğutma tekniği traktör test laboratuvarlarında kullanılabilecek özelliktedir. Şekil 4'den de görüleceği gibi laboratuvar hacmine göre hesaplanan ve duvarlara yerleştirilen petek ve fanlar test edilecek traktör üzerinden soğumuş havayı geçirerek testin etkin bir şekilde yapılmasını sağlarlar. Evaporatif soğutma sisteminin etkinliği dış ortam sıcaklığı ve bağıl neme bağlı olarak değişmekle birlikte Çizelge1'den de görüleceği gibi özellikle yaz aylarında traktör performans testlerinde başarılı bir şekilde kullanılabilecek sınırlardadır.

Bu çalışmada traktör performans testlerinde kullanılabilecek evaporatif soğutma sistemine yönelik araştırma bulguları değerlendirilmiştir.



Şekil 3. Evaporatif soğutma yöntemleri a)Yüksek basınçlı kompakt sistem b) Alçak basınçlı sistem (Anonimous 2007).



Şekil 4. Traktör performans testlerinde kullanılabilecek örnek bir soğutma modeli)

Çizelge 1. Evaporatif soğutma sisteminin ortam şartlarına bağlı karakteristiği

Ortam Sıcaklığı °C	Ortam bağıl nemi								
	%20	%25	%30	%35	%40	%45	%50	%55	%60
	Soğutmadan sonraki sıcaklık °C								
30	20.4	21.2	21.6	22.4	23.2	23.8	24.5	25.2	25.8
35	24.1	24.5	25.6	26.5	27.4	28.2	29.0	29.6	30.4
40	27.9	28.4	29.5	30.6	31.6	32.5	33.4	34.1	34.9



Şekil 5. TAMTEST'e kurulan evaporatif soğutma sistemi

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada OECD Kod 2 test laboratuvarı kullanılmıştır. Tamamen bilgisayar kontrollü olarak gerçekleştirilen testlerde TUZEKS marka 500 kN kapasiteli bir fren kullanılmıştır. Ölçümler sırasında motor torku, devri ve buna bağlı güç ölçümünün yanında, yakıt tüketimi, ortam sıcaklığı, basınç vb parametreler anlık olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada 2011 yaz aylarında testleri gerçekleştirilen 19 adet traktör ve sistemin karşılaştırılmasında kullanılmak amacıyla da 2 adet (T20 ve T21) traktörleri kullanılmıştır. Ayrıca soğutma sistemi olarak Munters marka 2 adet toplam 4.8 m² selülozik petek ve havanın dışarıya atılmasını sağlamak amacıyla her biri 20.000 m³/h kapasiteli fan kullanılmıştır (Şekil 5).

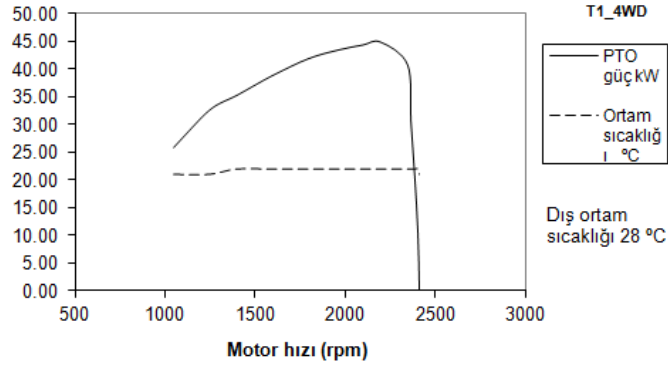
Testlerde standart OECD Kod 2'nin koşul ve prosedürlerine uyulmuş motor karakteristik eğrileri çıkarılmıştır. Diğer taraftan soğutma sisteminin etkinliğinin belirlenebilmesi için 2 traktör nominal motor hızlarında çalışırken soğutma sistemi devredeyken ve devre dışındayken testler gerçekleştirilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

2011 yaz döneminde soğutma etkinliğinin belirlenmesine yönelik testler 19 traktör üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çizelge 2'de traktör güçleri, dış ortam sıcaklığı, ortalama ortam sıcaklığı, atmosferik basınç ve bağıl nem gibi sonuçları görmek mümkündür. Çizelge 2 incelendiğinde tüm testlerde dış hava sıcaklıkları 30 °C civarında olmasına rağmen laboratuvar içerisinde ölçülen sıcaklıklar OECD Kod 2'de belirtilen limitlerde ve genelde de 22-23 °C civarında gerçekleşmiştir. Testler boyunca atmosferik basıncıdaki değişim % 1 seviyelerinde kalmıştır. İklimsel veriler incelendiğinde T18 traktöründe dış ortam sıcaklığı ekstrem seviyelerde 35 °C olmasına rağmen laboratuvar sıcaklığı 12 °C düşüşle 23 °C olarak ölçülmüştür. Bu sırada ortam nemi %38 olarak gerçekleşmiştir. Testlerin bir örneği olarak Şekil 6'da T1 traktörü için motor hızına bağlı güç eğrisi verilmiştir.

Çizelge 2. 2011 yaz periyodunda soğutma sistemi ile test edilen traktörler

Traktör	PTO Güç kW	Dış Sıcaklık °C	Ortalama Ortam Sıcaklığı °C	Atmosferik Basınç kPa		Dış Ortam Nemi %	Ortam nemi %
				İÇ	DIŞ		
T1	45	28	22	91.3	91.7	42	46
T2	48	31	23	91.4	92.2	38	32
T3	30	21 (Fan açık, petek kapalı)	18	91.1	91.5	43	40
T4	31	26	22	91.6	92.1	49	49
T5	41	31	25	91.9	92.7	43	37
T6	30	27	20	91.7	92.1	38	41
T7	32	29	22	92.0	92.6	43	43
T8	50	-	20	-	92.6	-	41
T9	71	32	24	91.0	91.9	38	37
T10	58	26	20	91.7	92.2	26	56
T11	28	25	17	-	91.5	-	59
T12	58	26	18	91.5	92.0	47	43
T13	59	25	20	91.9	92.4	42	36
T14	59	21.7 (Fan açık, petek kapalı)	21	-	91.9	-	36
T15	51	20.5(Fan açık, petek kapalı)	21	-	92.0	-	30
T16	63	29	23	91.2	91.9	40	36
T17	30	30	23	91.0	91.6	40	46
T18	38	35	23	90.5	91.3	30	38
T19	45	31	23	91.0	91.7	40	40



Şekil 6. T1 traktörü için motor hızına bağlı güç eğrisi ve ortam sıcaklığı değişimi

Soğutma sisteminin etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla T20 ve T21 traktörleri nominal hızlarında soğutma sistemi devrede ve devre dışı iken karşılaştırma testleri gerçekleştirilmiştir. Bu test sonuçlarına göre T20 traktörde sistem devre dışı iken güç 30 °C'de 48.52 kW iken soğutma sistemi devrede iken maksimum güç 21 °C'de 50.18 kW bulunmuştur. Soğutma

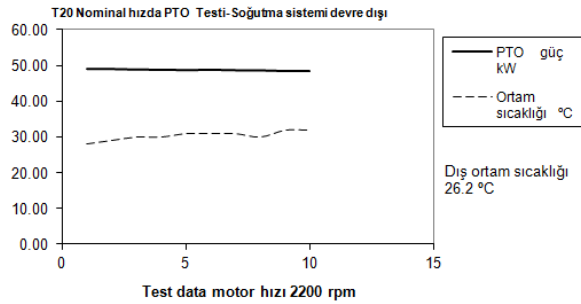
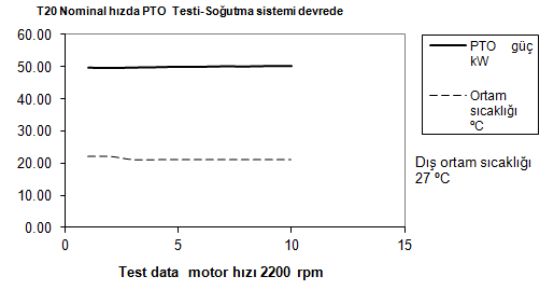
sistemi nedeniyle güç değişimi 1.66 kW diğer anlamda %3.3 olmuştur (Çizelge 3 ve 4, Şekil 7 ve 8). Bu değişim T21 traktöründe sistem devre dışı iken güç 29.9 °C'de 58.38 kW bulunmuşken sistem devrede iken 22 °C'de 60.36 kW bulunmuştur. Değişim 1.98 kW ile %3.2 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 9 ve 10).

Çizelge 3. T20 traktörünün nominal hızda performans testi, soğutma sistemi devre dışı

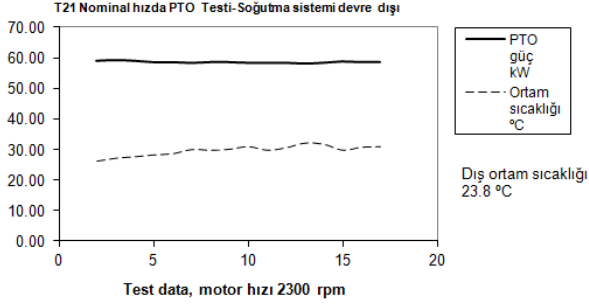
No	Motor hızı rpm	PTO güç kW	Motor tork Nm	Yakıt tüketimi l/h	Özgül Yakıt tüketimi g/kWh	PTO hızı rpm	Ortam sıcaklığı °C	Hava giriş sıcaklığı °C	Hava basıncı kPa	Nem %
1	2200	48.98	212.60	17.65	300.12	611	28.0	30.0	93	27
2	2200	48.93	212.40	17.74	302.06	611	29.0	31.0	93	26
3	2200	48.75	211.60	17.51	299.08	611	30.0	31.0	93	25
4	2200	48.70	211.40	17.60	301.03	611	30.0	32.0	93	25
5	2200	48.61	211.00	17.60	301.58	611	31.0	33.0	93	24
6	2200	48.70	211.40	17.57	300.41	611	31.0	33.0	93	23
7	2200	48.56	210.80	17.76	304.78	611	31.0	32.0	93	23
8	2200	48.52	210.60	17.57	301.73	611	30.0	31.0	93	22
9	2200	48.33	209.80	17.60	303.33	611	32.0	32.0	93	22
10	2200	48.29	209.60	17.57	303.17	611	32.0	32.0	93	22

Çizelge 4. T20 traktörünün nominal hızda performans testi, soğutma sistemi devrede

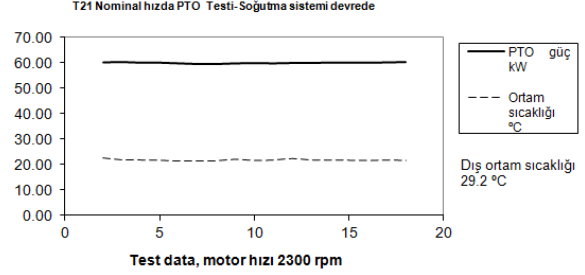
No	Motor hızı rpm	PTO güç kW	Motor tork Nm	Yakıt tüketimi l/h	Özgül Yakıt tüketimi g/kWh	PTO hızı rpm	Ortam sıcaklığı °C	Hava giriş sıcaklığı °C	Hava basıncı kPa	Nem %
1	2200	49.72	215.80	18.15	304.10	611	22	23	92.6	31
2	2200	49.62	215.40	17.97	301.69	611	22	24	92.6	31
3	2200	49.76	216.00	18.22	305.06	611	21	23	92.6	32
4	2200	49.85	216.40	17.71	295.89	611	21	22	92.6	33
5	2200	49.99	217.00	18.40	306.66	611	21	23	92.5	33
6	2200	49.95	216.80	17.96	299.50	611	21	23	92.5	33
7	2200	50.09	217.40	18.33	304.85	611	21	23	92.5	33
8	2200	50.04	217.20	17.88	297.56	611	21	23	92.5	33
9	2200	50.18	217.80	18.33	304.30	611	21	23	92.5	34
10	2200	50.18	217.80	18.00	298.72	611	21	23	92.5	34

**Şekil 7. T20 traktörünün nominal hızda performans testi, soğutma sistemi devre dışı****Şekil 8. T20 traktörünün nominal hızda performans testi, soğutma sistemi devrede**

Traktör Performans Testlerinde Evaporatif Soğutma Sisteminin Ortam Sıcaklığı Üzerine Etkisi



Şekil 9. T21 traktörünün nominal hızda performans testi, soğutma sistemi devre dışı



Şekil 10. T21 traktörünün nominal hızda performans testi, soğutma sistemi devrede

TARTIŞMA

Araştırma sonuçları evaporatif soğutma sisteminin OECD Traktör Performans testlerinde etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Testler süresince ortam sıcaklığı istikrarlı bir şekilde kalmıştır. Ortam sıcaklığının 12 °C'ye kadar düşürülebildiği görülmüştür.

Atmosferik basınç testler sırasında dengede kalmış. Standardın şartlarına uygun olarak %1'den fazla düşmemiştir.

Laboratuvar içerisine soğutma sisteminin doğal yapısı gereği su buharı verilmiş olmasına rağmen, traktörün ortam nemini kurutmasından dolayı bağıl nem yükselmemiş, dış ortam nemi ile dengede kalmıştır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim 2007. Evaporative coolers Munters Italy S.p.A.,
- ISO 15550: 2002 Internal combustion engines – Determination and method for the measurement of engine power – General requirements. ISO, Geneva.
- OECD, 2010a. Presentation of Methods of OECD Testing Stations as Regards Air And Fuel Temperatures *OECD Standard Codes for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Taormina, Italy 3-4 November 2010.
- OECD, 2010b. Experimental Evaporative Cooling System to Decrease and Regulate Ambient Air Temperatures during PTO Tests *OECD Standard Codes for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Taormina, Italy 3-4 November 2010.

Soğutma sistemi sayesinde traktörlerde güç ölçümünde %3.3'e kadar artış sağlanmıştır.

Test laboratuvarında traktörün yeni parçalarından ve eksozundan dolayı oluşan kötü kokular ve duman dışarıya atılabilmiş ve uygun bir çalışma ortamı sağlanmıştır.

Yılın tüm ayları kullanılarak iş verimi artırılmış. Firmaların test süreleri kısalmıştır.

Dış hava sıcaklığının daha uygun olduğu durumlarda sadece fan havalandırması ile de testler gerçekleştirilebilmiş, ortam sıcaklığı istenilen değerlerde ayarlanabilmektedir.

- OECD, 2010c Additional Document on Ambient Air Temperatures During OECD Code 2 Tests *OECD Standard Codes for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Taormina, Italy 3-4 November 2010.
- OECD, 2011. Test Engineers Conference Records. Organisation for Economic Co-operation and Development, Gross-Umstadt 2011.
- OECD, 2012. Code 2 OECD Standard Code for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris 2012
- OECD, 2013. Effects of Altitude and Temperature on OECD ROPS, FOPS and Performance Tests. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris 2013.