

Ünal KIZIL¹
Levent GENÇ²
Sefa AKSU¹

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 17020 Çanakkale / Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, 17020 Çanakkale / Türkiye

sorumlu yazar: unal@comu.edu.tr

Bir Elektronik Burun Sisteminin Hayvan Barınaklarından Kaynaklanan Koku Probleminin Değerlendirilmesinde Kullanım Olanakları

Potential Use of an Electronic Nose in the Assessment of Odor Problems in Livestock Housing

Alınış (Received): 09.05.2016

Kabul tarihi (Accepted): 16.06.2016

Anahtar Sözcükler:

Çevre kalitesi, elektronik burun, gaz sensörleri, hayvan barınakları, koku problemi

Key Words:

Environmental quality, electronic nose, gas sensors, livestock housing, odor problem

ÖZET

Bu çalışmada, daha önceden bir örnek haznesinden hava örnekleme yapacak şekilde tasarlanmış olan ve mobil olmayan bir elektronik burun sisteminin modifiye edilmesi amaçlanmıştır. Modifiye edilmiş hali hazırdaki versiyonu da laboratuvar koşullarında kullanım olanağı sağlamaktadır. Mobil e-burun sistemi 10 adet metal-oksit gaz sensörü ve bir adet sıcaklık/nem sensöründen oluşmaktadır. Sensörlerin hepsi hayvancılık işletmelerinden salınan başlıca gazları algılayabilecek hassasiyettedirler. Çalışmada 24-baş bağlı duraklı bir süt sığırcılığı işletmesi ve ahır dışında bulunan gübre depolama alanı başlıca koku kaynağını oluşturmaktadır. Modifiye edilmiş e-burun sistemi rüzgâr yönünü de dikkate alarak hava kalitesi verilerini toplayıp depolamak amacıyla kullanılmıştır. Mobil e-burun sisteminde kullanılan toplam 10 gaz sensöründen ancak 6 tanesi anlamlı sonuçlar vermiş, diğerleri salınan gazlardaki değişimi algılayamamıştır. Rüzgâr yönüne ve koku kaynaklarının konumuna bağlı olarak koku şiddeti arazi üzerinde görsel hale getirilebilmiştir.

ABSTRACT

In this study it was aimed to modify an electronic nose (e-nose) system that was initially developed to purge air sample from a container and not mobile. In its current mobile version it can still be used in laboratory. The mobile e-nose system consists of 10 metal-oxide gas sensors and a temperature/humidity sensor. The gas sensors are sensitive to major odorous gases generated from livestock operations. A small scale dairy operation with 24-head cattle housed in a tie-stall barn and outside manure storage area were the main sources of odor. The modified e-nose system was used to collect and store air quality data considering the wind direction. It was observed that of those 10 gas sensors 6 were capable of detecting changes in air quality in terms of odor nuisance. It was able to visualize the odor intensity depending on the wind direction and locations of odor sources over the land.

GİRİŞ

Türkiye’de yaklaşık olarak 2.1 milyon sığırcılık işletmesi bulunmaktadır. Bu işletmelerin büyük çoğunluğu küçük ölçekli aile işletmeleri şeklinde olup %99’u 1 ile 49 baş arasında sığıra sahiptir (Uzundumlu, 2012). Bunun yanı sıra sosyo-ekonomik ve politik nedenlerden dolayı şehirler kırsal alanlara doğru genişleme eğilimindedir (İnalpulat ve Genç, 2015). Buna

bağlı olarak da hayvancılık işletmelerine olan yakınlıktan dolayı yerleşim yerlerinde kokuya bağlı problemler komşular arasında çeşitli sosyal huzursuzluklara sebep olabilmektedir (Hooiveld ve ark., 2015). Hayvan barınaklarında koku probleminin başlıca nedeni endotoksin, partikül maddeler (PM), amonyak, hidrojen sülfür, uçucu organik bileşikler ve sera gazlarının emisyonudur (Blanes-Vidal, 2009). Bu hava

kirleticileri koku probleminin yanı sıra çiftlik hayvanları ve barınaklarda çalışan işçilerin sağlıkları üzerine de olumsuz etkilere sahip olabilmektedirler (Wathes ve ark., 1997; Adell ve ark., 2015).

Günümüzde koku probleminin neden olan emisyonların gözlemlenmesi ve ölçülmesinde kullanılan birçok teknoloji mevcuttur. Jin ve ark. (2012) fotoakustik infrared CO₂ ölçüm cihazı, florasan tabanlı H₂S ölçüm cihazı, fotoakustik çoklu gaz analiz cihazı ve metan tabanlı olmayan hidrokarbon analiz cihazını kullanarak koku problemini tespit etmeye çalışmıştır. Emisyonlar ayrıca gaz kromatografisi – kütle spektrometresi ve gaz kromatografisi – olfaktometre sistemleriyle de belirlenebilmektedir. Koku ölçümünde kullanılan olfaktometre ve sentometre cihazları kokulu hava örneklerini koklamak amacıyla eğitilmiş panelistlere ihtiyaç duyarlar (Pan ve Yang, 2007; Pan ve ark., 2007). Her iki yöntem de panelistlerin koku algılama eşiklerine bağlı olup subjektif yaklaşımlardır. Dolayısıyla kokunun ölçülmesinde kullanılacak objektif yöntemlere gereksinim duyulmaktadır (Pan ve Yang, 2009).

Elektronik burun (E-burun) sistemleri başta çevre kalitesi gözlemlenmesi olmak üzere mikrobiyoloji, gıda güvenliği, hayvan sağlığı ve birçok disiplinde son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. E-burun sistemleri hayvancılık işletmelerinden yayılan kokunun gözlemlenmesinde de güvenilir bir alternatif ortaya koymaktadır. Bu sistemler değişik sensörler ve sinyal işleme kullanılan değişik elektronik devrelerden oluşmaktadır. Sensörlerden elde edilen sinyaller bir patern algılama tekniği kullanılarak bilgisayar tarafından işlenir ve kokuya neden olan gazların şiddeti belirlenir (Zhang ve Tian, 2014). Ancak, sürekli değişkenlik gösteren rüzgâr yönü ve şiddetinden dolayı kokuya neden olan gazların konsantrasyonlarının hassas olarak belirlenmesi her zaman için mümkün olmamaktadır. Ayrıca, hayvancılık işletmeleri noktasal özellik gösteren koku kaynakları değildir. Havalandırma fanları, yan duvar açıklıkları, gübre depolama alanları, gübre ile kaplı gezinme alanları başlıca koku kaynaklarıdır (Pan ve Yang, 2009). Bu çalışmada koku probleminin tespitinde kullanılmak üzere modifiye edilmiş bir elektronik burun sistemi tanıtılmış ve küçük ölçekli bir aile işletmesinde uygulaması yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

E-burun donanım ve yazılım kısımları

Kızıl ve ark. (2015a) 10 adet metal oksit Figaro (Figaro Engineering, Inc., Mino, Japonya) gaz sensörü, veri toplama kartı, sıcaklık/nem sensörü ve veri işlemede kullanılan yazılımdan oluşan bir elektronik

burun sistemi geliştirmiştir. Kullanılan sensörlerin teknik özellikleri ve gaz ölçüm konsantrasyonları söz konusu çalışmada detaylı bir şekilde ortaya konmuştur. Bu sensörler genel olarak H₂, CO, CO₂, NH₃, H₂S, C₃H₈, CH₄, VOC, sıcaklık ve nemi algılamaktadır. Elektronik burun sistemi gaz sensörlerinden sinyalleri alma, işleme ve bir materyal ya da objeyi kirli/temiz, enfekte/enfekte olmayan gibi farklı iki grup altında sınıflandırmada başarılı bir şekilde kullanılabilir. Sistem ileri beslemeli geri propagasyonlu bir yapay sinir ağı (YSA) modelini kullanmaktadır. Ancak, kokunun gözlemlenebilmesi için sürekli kayıt yapabilecek ve noktasal olmayan, rüzgâr yönü ve şiddetiyle sürekli değişen gaz konsantrasyonlarını kaydedebilecek bir sisteme gereksinim duyulmaktadır. Söz konusu e-burun sistemi sadece sınıflandırma yapabilecek şekilde laboratuvar koşullarında çalışan bir cihaz olmasına karşın kokuyla ilgili parametreleri sürekli olarak MS Excel formatında kaydedebilme özelliğine sahiptir. Dolayısıyla, yapılan modifikasyonlar sistemin yazılım kısmında değil, sadece donanım kısmında gerçekleştirilmiştir. Sistemi mobilize edebilmek için A/C güç ünitesi yerine D/C güç kaynağı kullanılmıştır. Bu sayede hem sensör devresi hem de hava örnekleme pompası şarj edilebilir bir batarya sistemiyle çalışır duruma getirilmiştir. Örnekleme sistemi de dış ortam havasını sensör haznesine pompalayacak şekilde yeniden tasarlanmıştır. Yazılımı barındıran Windows işletim sistemiyle çalışan bir tablet bilgisayar USB bağlantısıyla e-burun sistemine bağlanmıştır. Sistemin şematik gösterimi Şekil 1'de verilmiştir.

İşletme Özellikleri

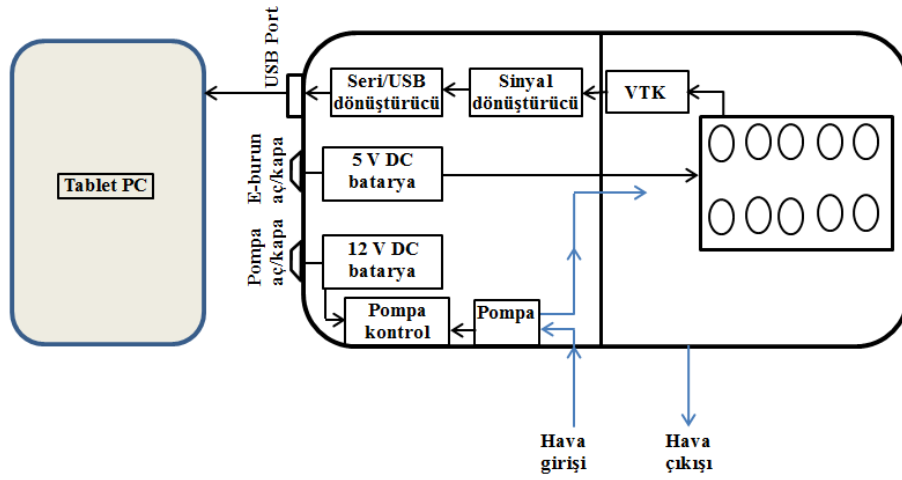
Yirmi dört baş toplam kapasiteye sahip bağlı-duraklı bir süt sığırcılığı işletmesi çalışmanın materyalini oluşturmaktadır. Süt sığırlarının yanı sıra işletmede 50 yumurta tavuğu ve 2 adet de keçi yetiştirilmektedir. İşletme toplamda 1.15 ha alan üzerine kurulmuş olup Çanakkale ili, Kepez beldesinde bulunmaktadır. İşletmede gübre günde 2 kez el ile kürenip ahır dışındaki depolama alanında biriktirmektedir. Çanakkale ilindeki nüfus artışına bağlı olarak belde arazileri yerleşime açılmış olup, işletme çevresinde yeni yerleşim yerleri teşkil edilmiştir. Dolayısıyla, barınaktan yayılan koku çevrede önemli problemlerin ortaya çıkmasına potansiyel oluşturmaktadır.

Verilerin Toplanması ve İşlenmesi

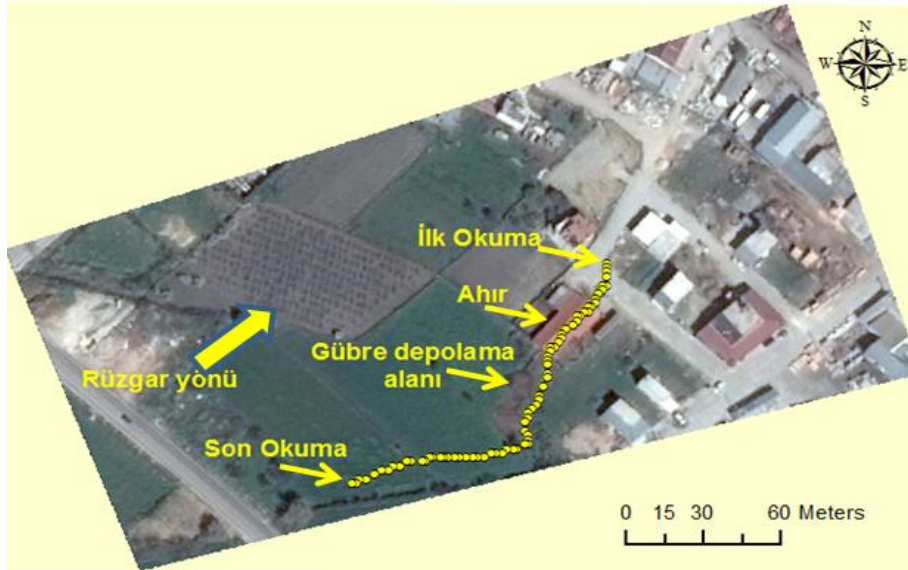
Elektronik burun sistemi 2 saniye aralıklarla veri toplamaya programlanmıştır. Gaz sensörü verilerinin yanı sıra rüzgâr hızı da Trotec BA15 (Trotec GmbH & Co.

KG, Heinsberg, Almanya) model bir el anemometresi kullanılarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Çalışmanın yapıldığı saatlerde ortalama rüzgar hızı 6.8 m/s (GB) olarak ölçülmüştür. Rüzgâr yönü de dikkate alınarak bir ölçüm güzergâhı belirlenmiştir. Ölçüm yapılan noktaların koordinatları Garmin GPSMap 60CSx (Garmin International Inc., Olathe, KS, USA) model GPS ünitesi kullanılarak toplanmıştır. Cihaz e-burun ile eş zamanlı olarak çalıştırılmış ve aynı şekilde 2 saniye aralıklarla veri toplaması sağlanmıştır. Araştırmacı, yukarıda da belirtildiği üzere rüzgâr yönünü dikkate alarak belirlenen güzergâh boyunca hem e-burun sistemini

hem de GPS ünitesini çalıştırarak ve yürüyerek verileri toplamıştır. E-burun sistemi her kayıt yaptığında bir buzzer aracılığıyla ses çıkartarak verilerin toplandığını operatöre haber vermektedir. Sensör verileri ve bunlara karşılık gelen koordinat değerleri yazılım tarafından oluşturulan MS Excel dosyasında eşleştirilerek veri işleme ve değerlendirmeye hazır hale getirilmiştir. E-burun ölçüm noktaları koordinat verileri kullanılarak çalışma alanının uydü görüntüsü üzerine ArcGIS 10.3.1 yazılımı (ESRI, Redlands, CA, USA) kullanılarak yerleştirilmiştir. Alan üzerinde örnekleme yapılan güzergâh ve noktalar Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 1. E-burun sisteminin şematik gösterimi (VTK = veri toplama kartı)
 Figure 1. Schematic representation of e-nose system (VTK = data acquisition board)



Şekil 2. Çalışma alanı ve kayıt güzergâhı
 Figure 2. Experiment area and recording route

Sensör sinyallerinin işlenmesinde ilk aşamayı çevresel koşullardan, güç kaynağındaki dalgalanmalardan ve diğer nedenlerden dolayı oluşan gürültülerin giderilmesi oluşturmaktadır. Bu çalışmada ilerleyen ortalama algoritması kullanılarak gürültüler giderilmiştir (Kızıl ve ark., 2015b). Sensör verileri daha sonra konsantrasyonlardaki dalgalanmalara karşı normalize edilmiştir. Hines ve ark. (1999) metal oksit gaz sensör verilerinin normalizasyonunda kullanılmak üzere aşağıdaki eşitliği önermiştir.

$$r_{ij} = \frac{Z_{ij}^{koku} - Z_i^{hava}}{Z_i^{hava}} \quad (1)$$

Eşitlikte Z_i^{hava} i sensörünün temiz havada verdiği tepkiyi, Z_{ij}^{koku} her bir sensörün j hedef gaz konsantrasyonunda verdiği tepkiyi ifade etmektedir. Bu formül bir sensörün herhangi bir zaman diliminde yaptığı okumanın normalize edilmiş halini ifade etmektedir. Dolayısıyla kokunun kümülatif etkisi burada dikkate alınmamaktadır. Her bir sensörün her bir noktada sağladığı normalize edilmiş değerlerin toplamı kümülatif etkiyi ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır ki bu da Şekil 3 üzerinde açıklanmıştır. Çalışma sonucunda 10 sensörden yalnızca 6 tanesinin tepki verdiği gözlemlenmiş ve dolayısıyla sadece bu

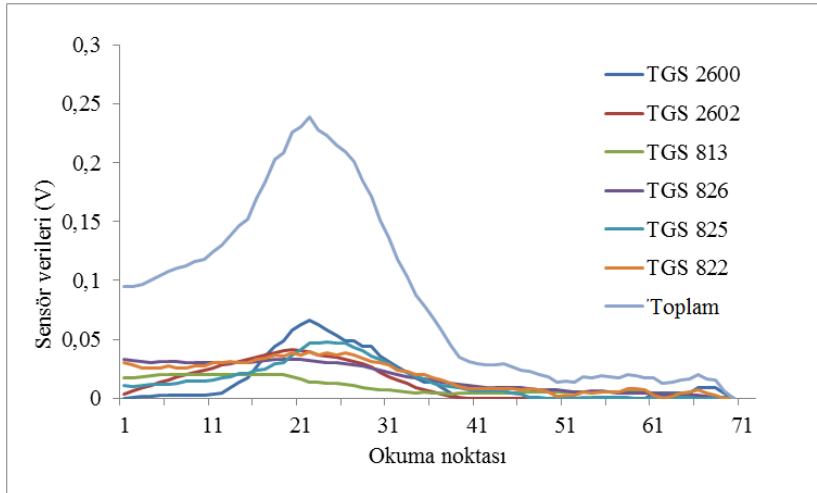
sensörlerin verileri dikkate alınmıştır. Kullanılan sensörlerin model, hedef gaz ve algılama aralıkları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Gaz sensörlerinin model, hedef gaz ve algılama aralıkları
Table 1. Models, target gases and detection ranges of the gas sensors

Model	Hedef gaz	Algılama aralığı (ppm)
S2600	H ₂ ve CO	1 – 30
TGS2062	NH ₃ ve H ₂ S	1 – 30
TGS813	C ₃ H ₈	500 – 10,000
TGS822	Uçucu organik bileşikler	50 – 500
TGS825	H ₂ S	5 – 100
TGS826	NH ₃	30 – 300

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Toplam 6 sensörün verilerinin bulunduğu 69 noktada okuma koordinatlarıyla birlikte gerçekleştirilmiştir. Her sensörün tepkisinin tek bir değerle dikkate alınmasını sağlamak için noktasal olarak sensörlerin işlenmiş (normalize edilmiş) verileri toplanmıştır. Böylece değerlendirmede her sensörün tepkisi tek bir veri seti üzerinde kullanılabilir duruma getirilmiştir. Her bir ölçüm noktasında kaydedilen bireysel ve toplam (kümülatif) sensör verileri Şekil 3 üzerinde verilmiştir. Çalışmanın bundan sonrasında sensör verilerinin toplamı dikkate alınacaktır.



Şekil 3. Bireysel ve toplam sensör verileri
Figure 3. Individual and cumulative sensor responses

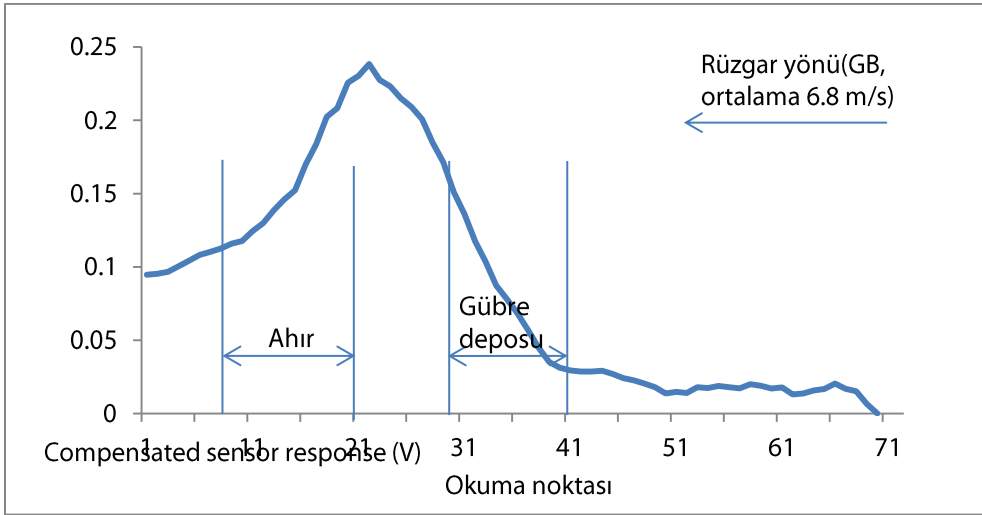
Elektronik burunlar genellikle ya değişik gaz konsantrasyonlarını belirlemek için (Zhang ve Tian, 2014) ya da kokunun kümülatif etkisini aynı insan burnunun çalışma mekanizmasındaki gibi ortaya koymak için tasarlanmışlardır (Pan ve Yang, 2009). İkinci yöntemde sensör verileri panelistlerin koku belirleme eşik değerleriyle karşılaştırılmıştır. Ancak bu yöntem de panelistlerin algılama kapasiteleriyale

yakından ilgili olduğundan objektif bir yaklaşım değildir. Bu çalışmada, barınak içerisinde havalandırmasız koşullarda kaydedilen sensör değerlerinin koku değeri olarak olabilecek en kötü koşulları yansıttığı varsayılmıştır. Bu durum tamamen havalandırmasız ve gübrenin kürenmediği barınak koşullarında oluşturulmuştur. Barınaktan uzakta, havalandırması iyi yapılmış laboratuvar koşullarında

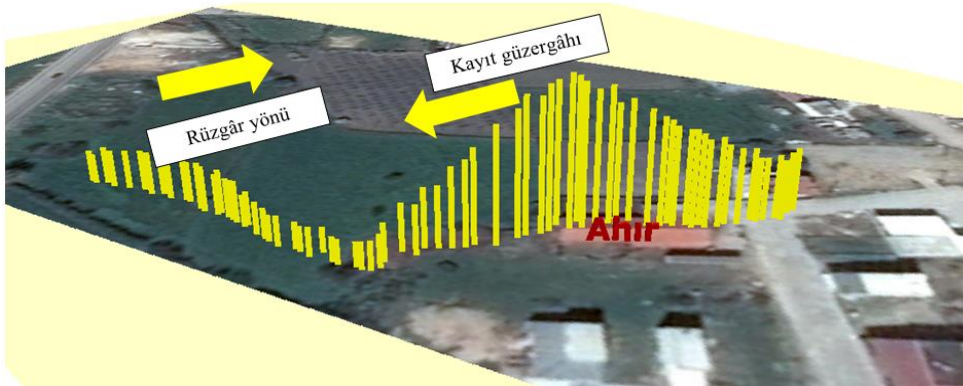
elde edilmiş toplam sensör verileri ise koku probleminin olmadığı ya da temiz hava koşulunu ortaya koymada kullanılmıştır.

Rüzgâr yönü koku problemlerinin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden birisidir. Dolayısıyla rüzgârın estiği tarafa doğru kokunun şiddetinin artması beklenir. Şekil 4'te de gösterildiği üzere, rüzgârın arkasında kalan alanda koku şiddeti estiği tarafa oranla önemli oranda azdır. Şekil üzerinde 29 ve 41. noktalar arasında barınağın arkasında ve rüzgârın önünde olmasına karşın koku seviyesi 41. noktadan sonra kaydedilen değerlere oranla fazlalık göstermektedir. Bunun nedeni ise söz konusu noktalar arasında gübre depolama alanının bulunmasıdır. Rüzgâr yönünde ve gerisinde hiçbir koku kaynağı olmamasından dolayı 41 noktanın ötesinde koku şiddetinin çok az olduğu görülmektedir.

Kokunun dağılımını daha iyi görselleştirebilmek amacıyla her bir okuma noktasına karşılık gelen toplam sensör tepkisinin % değeri 3 boyutlu olarak çalışma alanının uydu görüntüsü üzerinde modellenmiştir (Şekil 5). Rüzgâr yönünün SW olduğu ve yeni kurulan yerleşim alanlarının da bu doğrultuda olduğu dikkate alındığında kokunun problem olduğunu söylemek güç olmayacaktır. İşletme sahibiyle yapılan mülakatta bu durumun yerel belediye tarafından kendisine iletiildiği ve işletmenin taşınması da dahil olmak üzere gerekli önlemlerin alınmasının istendiği belirtilmiştir. Çalışmanın yapıldığı 3 Şubat 2016 günü kaydedilen sıcaklık değeri 15 °C'dir. Dolayısıyla, sıcaklığın artacağı yaz aylarında koku probleminin daha da belirgin hale geleceği öngörülebilir. Buna bağlı olarak da kokunun sürekli olarak gözlenmesi söz konusu beldede ve benzer durumlarda oldukça önem arz etmektedir.



Şekil 4. Rüzgârın etkisinin de dikkate alındığı toplam sensör verisi ve koku dağılımı
Figure 4. Cumulative e-nose response and odor dispersion based on wind effect



Şekil 5. Kokunun 3B olarak görselleştirilmesi
Figure 5.3D visualization of e-nose response

SONUÇ

Bu çalışmanın en önemli amaçlarından bir tanesi masa üstü olarak laboratuvar koşullarında çalışacak şekilde tasarlanmış bir e-burun sisteminin modifiye edilerek mobil hale getirilmesi ve hava kalitesi çalışmalarında kullanılabilirliğinin sağlanmasıdır. Bu bağlamda en önemli aşama sistemin şarj edilebilir bir batarya ile çalıştırılabilmiş olmasıdır. Ayrıca sistemin daha hafif taşınabilir boyutlarda olmasını sağlamak amacıyla Windows işletim sistemiyle çalışan 2016 yılı fiyatıyla 200 TL'ye mal olan basit bir tablet bilgisayar sisteme entegre edilmiştir. Bir önceki versiyonunda sistem hava örneklemesini bir kap ya da konteynerden yaparken, yeni versiyonda dış ortam hava örnekleri alınabilir hale getirilmiştir. Sistemde kullanılan pompa maksimum 400 mL/dak debi sağlayacak özelliktedir.

Çalışmada kullanılan sensörler kalibrasyon gazları ile kalibre edildikleri koşullarda hedef gaz konsantrasyonunu tespit edebilmektedirler. Ancak, bu sensörler sadece isimlendirildikleri hedef gaz konsantrasyonuna tepki vermekte, ortamda bulunan diğer gazlar da sensör değerlerinin değişimine neden olabilmektedir. Dolayısıyla, her ne kadar H₂S ve VOC sensörleri bu kirleticilere duyarlı da olsa diğer unsurların varlığından dolayı tepki vermişlerdir. Bu çalışmada amaç bu sensörlerden mümkün olduğunca çok kullanarak mümkün olduğunca çok kirleticinin etkisini ortaya koyabilmektir. Gaz konsantrasyonlarına bağımlı olmadan kokunun şiddetini sadece toplam

kirleticilerin her bir sensör üzerinde oluşturduğu etkileri Volt cinsinden belirleyerek bir yöntem ortaya koymak hedeflenmiştir. Bu çalışmada geliştirilen sistemin barınak ve diğer koku kaynaklarına olan mesafeye ve rüzgar durumuna göre verdiği tepkiyi görselleştirerek koku tespitinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Portatif sistemin genel koku şiddetine bağlı olarak gerekli tepkileri ortaya koyduğu tespit edilmiştir.

Araştırma sonuçları göstermiştir ki geliştirilen e-burun sistemi ve yöntem hayvan barınaklarından yayılan kokunun belirlenmesinde ve görselleştirilmesinde potansiyel kullanım olanağına sahiptir. Ayrıca, benzer bir çalışmanın olfaktometrik yöntemlerle test edilecek şekilde tekrar yapılması ileriki aşamalarda çalışılması gereken konuların başındadır. Bir GPS sisteminin sisteme entegre edilerek otomatik olarak eş zamanlı çalışmasını sağlamak da diğer çalışma konularımızı oluşturacaktır. Yapılacak olan diğer bir çalışmada ise çalışma alanı üzerinde toplanan noktasal verilerden istifade ederek ve yüzey istatistiği yöntemlerini kullanarak daha kapsamlı koku haritalarının çıkartılması sağlanacaktır.

TEŞEKKÜR

Çalışma 1110577 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında temin edilen teknik malzeme kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, çalışmada arazi çalışmalarında emeği geçen Dr. Okan Erken'e emeklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

KAYNAKLAR

- Adell, E., S.Calvet, A. Perez-Bonilla, A. Jimenez-Belenguer, J. Garcia, J. Herrera ve M. Cambra-Lopez. 2015. Air disinfection in laying hen houses: Effect on airborne microorganisms with focus on *Mycoplasma gallisepticum*. *Biosystems Engineering* 129(2015):315 – 323.
- Blanes-Vidal, V., M.N. Hansen ve P. Sousa. 2009. Reduction of odor and odorant emissions from slurry stores by means of straw covers. *Journal of Environmental Quality* 38(4): 1518–1527.
- Hines, E.L., E. Llobet ve J.W. Gardner. 1999. Electronic noses: A review of signal processing techniques. In: *Proc. Inst. Electr. Eng.—Circuits Devices Syst* 146(6):297–310.
- Hooiveld, M., C.E. van Dijk, F. van der Sman-de Beer, L.A.M. Smit, M. Vogelaar, I.M. Wouters, D.J. Heederik ve C. Yzermans. 2015. Odour annoyance in the neighbourhood of livestock farming – perceived health and health care seeking behavior. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 22(1):55–61.
- İnalpulat, M. ve L. Genç. 2015. Assessment of agricultural land use land cover, land surface temperature and population changes using remote sensing and GIS: Southwest Part of Marmara Sea, Turkey. *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering* 9(8):892 – 897.
- Jin, Y., T.T. Lim, J.Q. Ni, J.H. Ha ve A.J. Heber. 2012. Emissions monitoring at a deep-pit swine finishing facility: Research methods and system performance. *Journal of the Air & Waste Management Association* 62(11):1264–1276.
- Kızıl, U., L. Genç, S. Rahman, M.L. Khaitsa ve T.T. Genç. 2015a. Design and test of a low-cost electronic nose system for identification of *Salmonella Enterica* in Poultry Manure. *Transactions of the ASABE* 58(3):819 – 826.
- Kızıl, U., L. Genç, T.T. Genç, S. Rahman ve M.L. Khaitsa. 2015b. E-nose identification of *Salmonella enterica* in poultry manure. *British Poultry Science* 56(2):149 – 156.
- Pan, L. ve S.X. Yang. 2007. A new intelligent electronic nose system for measuring and analysing livestock and poultry farm odours. *Environmental Monitoring Assessment* 135:399 – 408.
- Pan, L., R. Liu, S. Peng, Y. Chai ve S.X. Yang. 2007. An wireless electronic nose network for odours around livestock farms. 14th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice. In: *Proceedings of a meeting held 4-6 December 2007, Xiamen, China*. 211 – 216.
- Pan, L. ve S.X. Yang. 2009. An electronic nose network system for online monitoring of livestock farm odors. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics* 14(3): 371 – 376.
- Uzundumlu, A.S. 2012. A comparison of the agricultural structure of EU countries and Turkey. *Alinteri Journal of Agricultural Sciences* 23(2):64 – 73.
- Wathes, C.M., M.R. Holden, R.W. Sneath, R.P. White ve V.R. Phillips. 1997. Concentrations and emission rates of aerial ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, dust and endotoxin in UK broiler and layer houses. *British Poultry Science* 38:14 – 28.
- Zhang, L. ve F. Tian. 2014. Performance study of multilayer perceptrons in a low-cost electronic nose. *IEEE Trans. Instrumentation Measurement* 63(7):1670 – 1679.