ISMSIT 2017
1st International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies Proceedings
(November 2-4, 2017, Tokat, Turkey)
Symposium homepage: www.ismsitconf.org

Cadde Kanyonlarında Taşıt Emisyonları Dağılımının Nümerik Modellenmesi

Batuhan OĞUZ[1], Bahattin TOPALOĞLU[1*] ve Bilal SUNGUR[1]

[1]*Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Samsun/Türkiye*
[*]*(btopal@omu.edu.tr)*

Özet – Cadde kanyonlarındaki egzoz gazı dağılımı, kentsel hava kalitesi çalışmalarında önemli araştırma konularından biridir. Araç emisyonları, kentsel alanlardaki kirleticilerin önemli bir grubunu teşkil etmektedir. Bu çalışmada, kanyon tipi caddelerde taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarının cadde içinde dağılımı modellenmiştir. Hesaplamalar iki boyutlu olarak hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yöntemiyle Fluent programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Model sonuçlarının verifikasyonu için literatürden alınan rüzgar tüneli deney sonuçları kullanılmıştır. Bu amaçla deneylerdeki tüm sınır şartları aynı olacak şekilde hesaplamalar yapılmış ve model sonuçları deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Deneylerde olduğu gibi kanyona dik yönde gelişmiş rüzgar hızı profili kullanılmış ve kanyon tabanından çizgi kaynak şeklinde enjekte edilen bir kirletici gazın kanyon içindeki dağılımı belirlenmiştir. Deneylerden elde edilmiş olan kanyon duvarlarındaki kirletici gaz konsantrasyon dağılımı ile modelleme sonuçlarının uyumlu olduğu görülmüştür. Sonuçlar, kanyonun rüzgâr tarafındaki bina duvarlarında kirletici konsantrasyonlarının rüzgara karşı taraftaki binadan çok daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca rüzgar tarafındaki bina duvarında konsantrasyonlar yükseklikle azalmaktadır.

Anahtar Kelimeler – Cadde kanyonları, emisyon dağılımı, çizgi kaynak, numerik modelleme

Abstract – Exhaust gas distribution in street canyons is one of the important research subjects in urban air quality studies. Vehicle emissions are an important group of pollutants in urban areas. In this study, the dispersion of exhaust emissions from vehicles in canyon type streets is modeled. The calculations were performed in two dimensions with the Computational Fluid Dynamics (CFD) method using the Fluent software. For the verification of the model results, wind tunnel test results obtained from the literature were used. For this purpose, the calculations were realized with the same boundary conditions as in the wind tunnel tests and the model results were compared with the test results. As in the experiments, a fully developed wind velocity profile in the perpendicular direction to the street-canyon was used, and the dispersion of a tracer gas injected into the canyon from a line source on the canyon base was determined. The distribution of pollutant gas concentration on the canyon walls obtained from the model calculations shows sufficient agreement with the experimental results. From the results can be seen that concentrations at the upwind building of the canyon are much higher than at the leeward building. In addition, concentrations at the upwind building decrease with height.

Keywords – Street canyon, emission dispersion, line source, numerical modeling

I. GİRİŞ

Motorlu taşıt sayısında meydana gelen artışla birlikte trafik kaynaklı emisyon oluşumu sebebiyle meydana gelen hava kirliliği, özellikle yoğun nüfuslu şehirlerde önemli bir konu haline gelmiştir. 2017 yılı Temmuz ayı itibariyle ülkemizde trafiğe kayıtlı motorlu taşıt sayısı yaklaşık 22 milyondur. Bunların %53,9'u otomobil, %16,4'ü kamyonet, %14,1'i motosiklet, %8,3'ü traktör, %3,8'i kamyon, %2,2'si minibüs, %1'i otobüs ve %0,3'ü özel amaçlı taşıtlardır [1]. Bu araçlarda kullanılan yakıt tipine göre emisyon çeşidi ve miktarı değişmektedir. Trafik kaynaklı oluşan kirletici konsantrasyonlarının artması, insan sağlığını tehdit eder hale gelmiştir. Bu veriler ışığında, caddelerdeki hava kalitesinin incelenerek, havanın doğal bileşiminin bozulmasına sebep olan emisyonların oluşturduğu hava kirliliği konusunda gerekli tedbirlerin alınması oldukça önemlidir.

Cadde kanyonlarının modellenmesi ve emisyon dağılımının incelenmesi konusunda gerçekleştirilen çalışmalar ile çeşitli hedeflere ulaşılmak istenmiştir. Garcia ve ark. [2], Portekiz'de bulunan bir cadde kanyonunun 4 farklı şekilde modellenmesinin PM10 dağılımı üzerine etkisini Fluent programı ile araştırmışlardır. Modeller, aralarında farklı ölçülerde boşluk olacak şekilde ve hiç boşluk olmayacak şekilde konumlandırılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları ile nümerik modelleme sonuçları karşılaştırılmıştır. Farklı hava koşulları altında gerçekleştirilen ölçümler ile modelleme sonuçları arasındaki farklılıkların, binaların farklı şekilde konumlandırılmasından kaynaklandığı gözlemlenmiştir. Karra ve ark. [3], Nicosia şehrinde homojen dağılım göstermeyen bir mimariye sahip tek yönlü araç trafiğine açık cadde kanyonunda, dakikada geçen araç sayısını ölçerek CO dağılımını incelemişlerdir. Zhang ve ark. [4], farklı yükseklikte ve farklı çatı tiplerine sahip binalar üzerinde emisyon dağılımlarını incelemişlerdir. Yüksekliğin artmasıyla taşıtlardan kaynaklanan emisyonların azalma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Murena ve ark. [5], İtalya'nın Napoli şehrinde yüksek binalarla çevrili, yani bina yüksekliğinin kanyon genişliğine oranının çok yüksek olduğu derin cadde kanyonlarında emisyon dağılımını nümerik modelleme (Fluent) ve hava kirliliği dağılım modelleme (WinOSPM) yöntemleriyle incelemişlerdir. Türbülans modeli

olarak RNG k-ε türbülans modeli kullanmışlardır. Modellemelerden elde edilen sonuçlar, cadde kanyonunda 2 noktada ölçümü yapılan CO konsantrasyon değerleri ile karşılaştırılmıştır. Fluent ile elde edilen sonuçlar, deneysel veriler ile uyumluluk gösterirken WinOSPM ile elde edilen sonuçlar farklılık göstermiştir. Bunun sebebi, WinOSPM'nin en/boy oranının 1'e yakın olduğu caddeler için uygulanabilir olmasıdır. Bu nedenle rüzgar profilinde değişiklik yapılarak WinOSPM ile deneysel veriler arasındaki uyumluluk sağlanmıştır. Kumar ve ark. [6] çalışmalarında bir kanyonda farklı yüksekliklerde bulunan 10-300 nm aralığında bulunan partikül sayısı konsantrasyonunun ölçümünü ve modellenmesini karşılaştırmıştır. Gromke ve ark. [7], çalışmalarında orta noktası ağaçlandırılmış bir cadde kanyonunda akış ve egzoz gazlarının dağılımını incelemiştir. Kastner-Klein ve ark. [8] araçların egzozlarından yayılan kirletici gazın rüzgar tüneli içerisinde oluşturulan cadde kanyonu modellerindeki dağılımını incelemiştir. Taşıt emisyonlarının çizgisel kaynak olarak modellendiği bu çalışmada bina geometrisi, çatı tipi ve rüzgar yönü değiştirilerek emisyon davranışları tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, çizgisel kaynak teşkil eden taşıt eksoz emisyonlarının cadde kanyonlarında dağılımının numerik modellenmesidir. Model sonuçlarının doğrulanması için Kastner-Klein ve ark. [8] tarafından gerçekleştirilen rüzgar tüneli deney sonuçları kullanılmıştır.

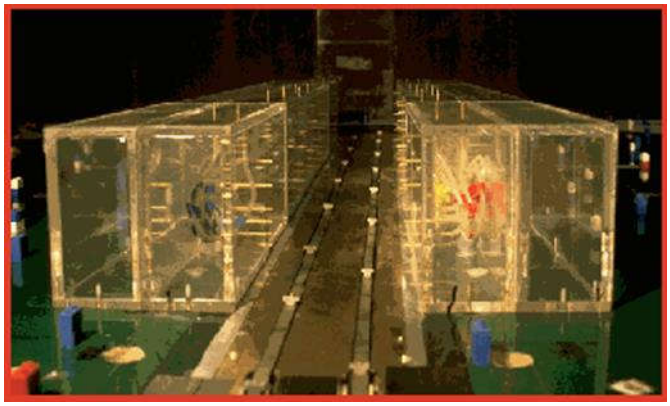
II. MATERYAL VE METOD

A. Cadde Kanyonu Konfigürasyonu

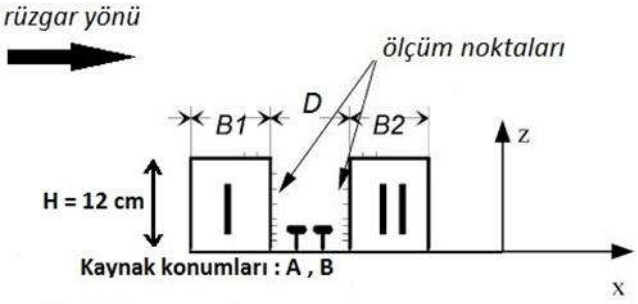
Kastner-Klein ve ark. [8] tarafından yapılan çalışmada deneyler Karlsruhe Üniversitesi, Hidroloji ve Su Kaynakları Enstitüsü'ne ait rüzgar tünelinde gerçekleştirilmiştir. Rüzgar tüneli 10.5 m uzunluğunda, 2 m genişliğinde ve 1 m yüksekliğindedir. Cadde kanyonları prizmatik bloklar ile oluşturulmuştur. Deney düzeneğinin kanyon bölgesinin bir fotoğrafı Şekil 1'de gösterilmektedir.

Bu konfigürasyon ilk aşamada referans durum olarak ele alınmıştır. Kirletici emisyon olarak SF_6 (kükürt-hekzaflorür) kullanılmıştır. Rüzgâr tünelinin giriş kısmından hava akışı sağlanmıştır. Kanyon zemini üzerinde yer alan nozullar yardımıyla kanyon içine SF_6 girişi gerçekleştirilmiştir. Böylece emisyonların çizgisel kaynak olarak modellenmesi sağlanmıştır.

Deney düzeneğine ait cadde kanyonu geometrisi ve boyutları şematik olarak Şekil 2'de gösterilmektedir. Binaları modelleyen blok yüksekliği H = 12 cm dir. A noktasında yer alan emisyon kaynağı I numaralı binadan 35 mm uzakta olacak şekilde, B noktasındaki emisyon kaynağı da I numaralı binadan 85 mm uzakta olacak şekilde konumlandırılmıştır. Referans durumunda binalar arasındaki mesafe D=12cm, binaların genişliği B_1=B_2=12 cm olarak belirlenmiştir. 100 metre yükseklikteki rüzgar hızına tekabül eden rüzgar hızı u_{100} 7.7 m/s olarak ayarlanmıştır. Blokların duvarlarındaki SF_6 konsantrasyonları ölçülmüştür. Konsantrasyon değerleri c*=c u_{100} H L/Q bağıntısı ile boyutsuz hale getirilmiştir. Burada c, kanyon duvarlarında ölçülen kirletici gaz konsantrasyonu, u, rüzgar hızı, H, bina yüksekliği, Q, kirletici kaynağın debisi ve L ise kaynak uzunluğudur. L çizim düzlemine dik boyut olup tüm koşullarda 144 cm olarak sabittir.



Şekil 1. Deney düzeneği [8]



Şekil 2. Cadde kanyonu konfigürasyonu

B. Numerik Modelleme

Son yıllarda hesaplamalı akışkanlar dinamiği alanında yaşanan gelişmeler ile birlikte türbülanslı akışların sonlu hacimler yöntemi ile çalışan simülasyon programları ile modellenmesi mümkün olmuştur.

Akış problemlerinin hesaplanmasında; kütle, ,momentum ve türlerin korunum denklemleri ile çözüm yapılmaktadır. Bu diferansiyel denklemler problemlere uygun sınır şartları kullanılarak çözülmektedir. Genel korunum denklemi en genel haliyle şu şekilde ifade edilir;

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\,\Phi) + div(\rho v\,\Phi - \Gamma_\Phi grad\,\Phi) = S_\Phi \qquad (1)$$

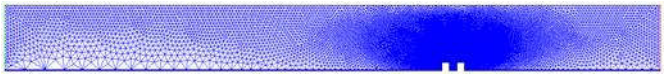
burada Φ bağımlı değişkeni, Γ_Φ Φ değişkeninin taşınım katsayısını ve S_Φ Φ taşınım eşitliğinin kaynak terimini ifade etmektedir. Φ, Γ_Φ ve S_Φ ifadelerinin anlamı kartezyen koordinatlar için Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kartezyen koordinatlar için eşitlikler

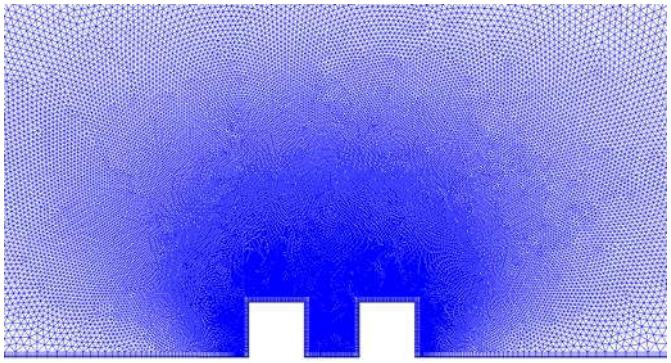
Eşitlik	ϕ	Γ_ϕ	S_ϕ
Süreklilik	1	0	0
Momentum	υ	μ_e	$-\frac{\partial p}{\partial x_i}+\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\mu_e\frac{\partial v_j}{\partial x_i}\right)$ $+\frac{\partial p}{\partial x_j}\left(\mu_e\frac{\partial v_i}{\partial x_j}\right)+\rho g_i$
Türbülans kinetik enerji	k	$\frac{\mu_e}{\sigma_k}$	$G_k-\rho_\varepsilon$
Türbülans kinetik enerji dağılımı	ε	$\frac{\mu_e}{\sigma_\varepsilon}$	$\frac{\varepsilon}{k}(C_1G_k-C_2\rho_\varepsilon)$
Türlerin kütlesel korunumu	Y_k	$\frac{\mu_e}{\sigma_h}$	$R_{i,k}$

Nümerik çözüm için geometrinin bir ağ (grid) ile örtülmesi gerekmektedir. Bu amaçla yukarıda açıklanan rüzgar tüneli ve cadde kanyonu için belirtilen tüm ebatlar aynı olmak koşuluyla 2 boyutlu bir model hazırlanmış ve referans durum

için sonlu hacimler yöntemi ile çalışan programlardan biri olan Fluent programı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Önce rüzgar tüneli geometrisi sınır tabaka kullanılarak Gambit programında oluşturulmuş, daha sonra oluşturulan geometri uygun sayıda gridlere (Şekil 3) ayrılarak Fluent ile sayısal olarak çözüme hazır hale getirilmiştir. Ağ oluşturma aşamasında gridler, Şekil 4'te gösterildiği gibi binaların olduğu yerlerde yoğunlaştırılmıştır.



Şekil 3. Rüzgar tüneli modeli grid yapısı



Şekil 4. Kanyon civarında yoğun grid bölgeleri

C. Sınır Şartları

Fluent programına sınır şartlarının tanımlanması ve analiz verilerinin oluşturulması doğrultusunda öncelikle türbülans modelinin seçimi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada standart k-ε türbülans modeli kullanılmıştır. Cadde kanyonunda çizgisel kaynak olarak modellenen A ve B emisyon kaynaklarından SF_6 girişi sağlanmıştır. Çizgisel kaynaklar, kirleticilerin yayıldığı tek boyutlu kaynaklardır. Trafikten kaynaklanan emisyonlar bu kaynağa en iyi örnektir [9]. Bir kaynaktan SF_6 girişi serbest bırakıldığında diğer kaynaktan herhangi bir emisyon veya hava girişi sağlanmamıştır. Modelde kullanılan başlangıç değerleri ve sınır şartları Tablo 2'de belirtilmiştir.

Tablo 2. Sınır Şartları

Model	Sınır Şartı	Sınır Şartı Değeri
Rüzgar Tüneli Girişi	Velocity Inlet	7.7 m/sn
Rüzgar Tüneli Çıkışı	Pressure Outlet	0 Pa
Emisyon Kaynakları	Mass Flow Inlet	0.000242 kg/s
Rüzgar Tüneli Duvarları ve Binalar	Wall	-

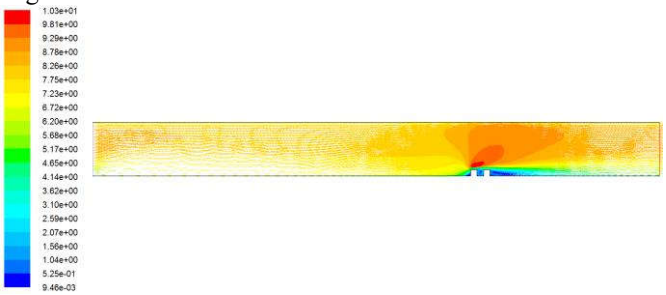
Rüzgar tüneli girişindeki hız için gelişmiş rüzgar hız profili kullanılmıştır. SF_6 debisi Kastner-Klein ve ark. tarafından yapılan [8] çalışmasının raporundan alınmıştır [10]. Kirletici debisi 212 l/h hava-SF_6 karışımı olup bunun yaklaşık % 5 i SF_6 olarak seçilmiştir. Bu değere karşılık gelen SF_6 kütlesel debisi hesaplanmış ve emisyon kaynağı sınır şartı olarak belirlenmiştir. Çizgisel kaynakların boyutu ise 212 l/h hacimsel debi için belirlenen hız değeri kullanılarak hesaplanmıştır.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Nümerik modelleme sonucu, akışın modellendiği hacimde, kanyon içerisinde ve binaların bulunduğu bölgede oluşan hız profilleri ile birlikte A ve B emisyon kaynaklarından sağlanan konsantrasyon dağılımını gösteren grafikler elde edilmiştir. Ayrıca, I ve II numaralı bina duvarları boyunca elde edilen boyutsuz SF_6 mol fraksiyonu değerlerine ait grafikler de aşağıda sunulmuştur

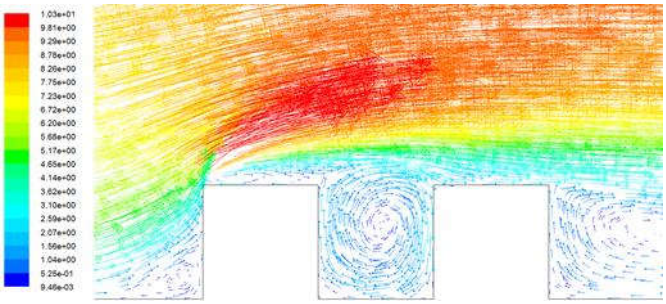
A. Kaynak A'dan Gerçekleşen Emisyon Durumu

Şekil 5'te model hacmi boyunca oluşturulan hız profilleri gösterilmektedir. Rüzgar tüneli girişinde verilen gelişmiş hız profili, tünel içinde bilhassa kanyonu teşkil eden blokların civarında değişime uğramaktadır. Buna göre, tünel hacmi içerisinde 10 m/s değerine kadar çıkan hız değerleri, kanyon içerisinde çok daha düşük olup yaklaşık 1-2 m/sn değerlerindedir.



Şekil 5. Rüzgar tünelinde hız dağılımı (A kaynağı)

Şekil 6'da kanyon içinde ve çevresindeki akımı yakından göstermektedir. Görüldüğü gibi kanyon içinde büyük bir resirkülasyon (girdap) oluşmaktadır. Ayrıca I numaralı binanın önünde ve üzerinde ve II numaralı binanın arkasında resirkülasyon bölgeleri oluşmaktadır. Bu akış hareketi emisyonların dağılımını etkilemektedir.



Şekil 6. Cadde kanyonu civarı hız dağılımı (A kaynağı)

Şekil 7'de cadde kanyonunda oluşan emisyon dağılımı gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre SF_6 emisyon konsantrasyonları, A kaynağından akışın serbest bırakıldığı durumda I numaralı bina duvarında ve özellikle zemine yakın olan bölgede yoğunluk göstermektedir.

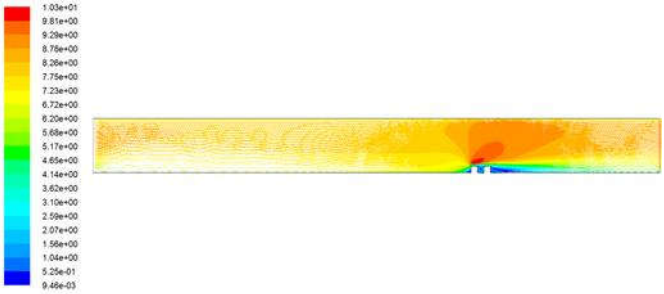


Şekil 7. SF_6 emisyon konsantrasyonu dağılımı (A kaynağı)

Bu grafiklere göre binaların en üst kısmına doğru gidildikçe SF_6 emisyonu konsantrasyon değerleri azalmaktadır. 12 cm yüksekliğinde modellenen binaların daha üst kısımlarında ise emisyon değerleri oldukça düşük seviyededir. Kanyon içerisinde oluşan akış, II numaralı bina tarafından I numaralı bina tarafına doğru olması sebebiyle, II numaralı bina duvarında da emisyon değerleri çok düşük hesaplanmıştır. Genel olarak rüzgâr tarafındaki bina duvarında kirletici konsantrasyonlarının rüzgâra karşı taraftaki binadan çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

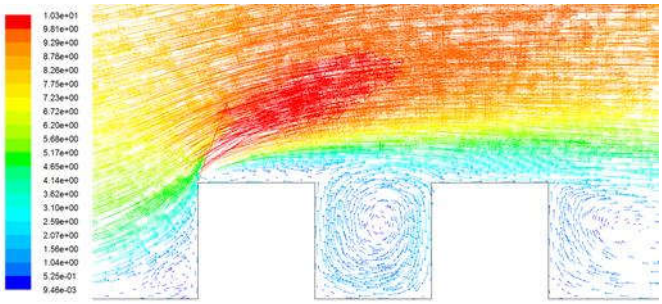
B. Kaynak B'den Gerçekleşen Emisyon Emisyon Durumu

Şekil 8'de model hacmi boyunca oluşturulan hız profilleri gösterilmektedir. A kaynağından akışın serbest bırakıldığı durumda elde edilen hız profillerine benzer şekilde hacim içerisinde 10 m/sn değerine kadar çıkan hız değerleri, kanyon içerisinde yaklaşık 1-2 m/sn değerlerindedir.



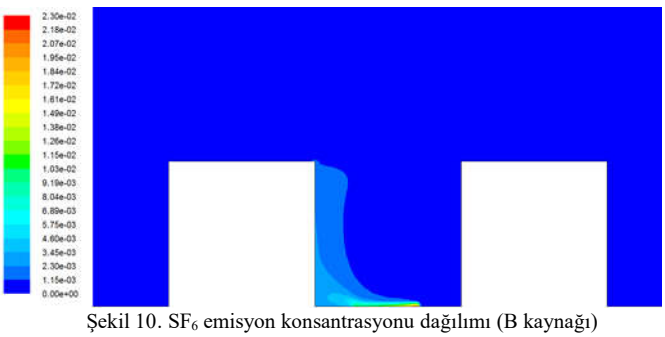
Şekil 8. Rüzgar tünelinde hız dağılımı (B kaynağı)

Şekil 9'da gösterilen cadde kanyonunda oluşan hız profilleri de A kaynağından akışın serbest bırakıldığı durumda elde edilen hız profillerine benzerdir.



Şekil 9. Cadde kanyonu civarı hız dağılımı (B kaynağı)

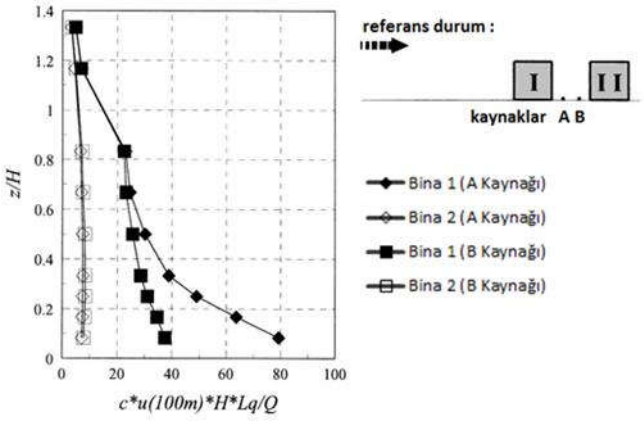
Cadde kanyonunda oluşan emisyon dağılımının gösterildiği Şekil 10'da, analiz sonuçlarına göre SF_6 emisyon konsantrasyonları, B kaynağından akışın serbest bırakıldığı durumda I numaralı bina duvarında ve zemine yakın olan bölgelerde yoğunluk göstermektedir. Fakat konsantrasyon değerleri, A kaynağından elde edilen duruma göre saha düşük seviyededir.



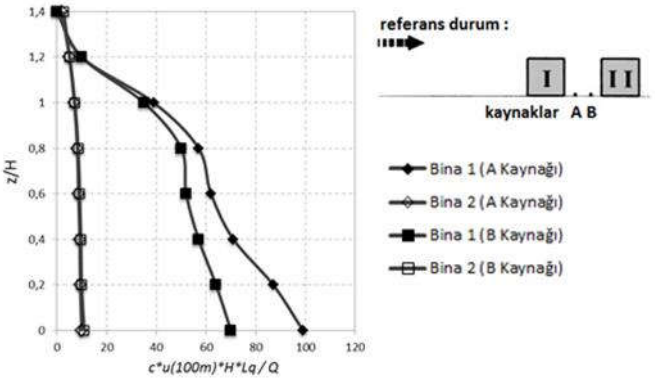
Şekil 10. SF_6 emisyon konsantrasyonu dağılımı (B kaynağı)

Bu grafiklere göre binaların en üst kısmına doğru gidildikçe, A kaynağından elde edilen duruma benzer şekilde, SF_6 emisyonu konsantrasyon değerleri azalmaktadır. 12 cm yüksekliğinde modellenen binaların daha üst kısımlarında ise emisyon değerleri çok düşük seviyededir. Genel olarak rüzgâr tarafındaki bina duvarında kirletici konsantrasyonlarının rüzgâra karşı taraftaki binadan çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Aşağıda nümerik modelleme ile elde edilen sonuçlar Kastner-Klein ve ark. [8] çalışmasının deneysel çalışmasının sonuçları ile karşılaştırılmaktadır. Bu amaçla binaların duvarlarında yüksekliklere bağlı olarak boyutsuz konsantrasyon değerleri hesaplanmıştır. Şekil 11'de deneysel sonuçlar, Şekil 12'de ise aynı durumlar için modelleme sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 11. Deneysel sonuçlar [8]



Şekil 12. Nümerik modelleme sonuçları

Deneysel sonuçlara göre rüzgar tarafında yer alan I numaralı bina duvarında kirletici konsantrasyonları, rüzgara karşı yönde yer alan II numaralı bina duvarında elde edilen kirletici konsantrasyon değerlerine göre daha yüksek seviyededir. Ayrıca I numaralı bina yüksekliği boyunca konsantrasyonların azaldığı görülmektedir.

Numerik modelleme sonucu elde edilen sonuçlara, Kastner-Klein'ın çalışmasında elde edilen sonuçlar ile uyumluluk göstermektedir. Buna göre I numaralı bina duvarındaki kirletici konsantrasyonları, II numaralı bina duvarındaki kirletici konsantrasyonu değerlerine göre daha yüksek seviyededir. Ayrıca, I numaralı bina yüksekliği boyunca konsantrasyon değerleri azalmıştır. Zemine yakın seviyede yer alan bina duvarlarında emisyon değerleri daha yüksek seviyededir.

IV. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Deneylerden elde edilmiş olan kanyon duvarlarındaki kirletici gaz konsantrasyon dağılımı ile modelleme sonuçlarının uyumlu olduğu görülmüştür. Sonuçlar, kanyonun rüzgâr tarafındaki bina duvarlarında kirletici konsantrasyonlarının rüzgâra karşı taraftaki binadan çok daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca rüzgâr tarafındaki bina duvarında konsantrasyonlar yükseklikle azalmaktadır.

REFERANSLAR

[1] (2017) Tüik haber bülteni web sayfası. [Online]. http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24602

[2] J. Garcia, R. Cerdeira, N. Tavares, L.M.R. Coelho, P. Kumar, M.G. Carvalho, "Influence of virtual changes in building configurations of a real street canyon on the dispersion PM_{10}", Urban Climate 5, 68-81, 2013.

[3] S. Karra, L. Malki-Epshtein, M. Neophytou, "The dispersion of traffic related pollutants across a non-homogeneous street canyon", Procedia Environmental Sciences 4, 25-34, 2011.

[4] H. Zhang, Y. Wang, S. Li, H. Tang, X. Liu, Y. Wang, "Study on the influence of the street side buildings on the pollutant dispersion in the street canyon", Procedia Engineering 121, 37-44, 2015.

[5] F. Murena, G. Favale, S. Vardoulakis, E. Solazzo, "Modelling dispersion of traffic pollution in a deep street canyon: Application of CFD and operational models", Atmospheric Environment 43, 2303-2311, 2009.

[6] P. Kumar, A. Garmory, M. Ketzel, R. Berkowicz, R. Britter, "Comparative study of measured and modelled number concentrations of nanoparticles in an urban street canyon", Atmospheric Environment 43, 949-958, 2009.

[7] C. Gromke, R. Buccolieri, S. Di Sabatino, B. Ruck, "Dispersion study in a street canyon with tree planting by means of wind tunnel and numerical investigations – Evaluation of CFD data with experimental data", Atmospheric Environment 42, 8640-8650, 2008.

[8] P. Kastner-Klein, E.J. Plate, "Wind-tunnel study of concentration fields in street canyons", Atmospheric Environment 33, 3973-3979, 1999.

[9] O. Demirarslan, Ş. Çetin, S. Ayberk, "Hava kirliliği belirlemelerinde modelleme yaklaşımı ve modelleme aşamasında karşılaşılabilecek sorunlar", Kocaeli Üniversitesi, Çevre Sorunları Sempozyumu, 14-17 Mayıs, 2008.

[10] Kastner-Klein, P., Plate, E.J., 1996. Windkanalversuche zur Verbesserung der Ermittlung von Kfz-bedingten Konzentrations-verteilungen in Stadtgebieten. 12. Statuskolloquium des PEF, 12-13.3.1996, FZKA-PEF 142, Forschungszentrum Karlsruhe.