



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

**AVRUPA VE ABD OKULLARINDA İÇ ÇEVRE
KALİTESİ – ÖĞRENCİ SAĞLIĞI VE
ÖĞRENMESİNE ETKİLERİ
(INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY IN
SCHOOLS IN EUROPE AND THE US –
EFFECTS ON STUDENTS' HEALTH AND
LEARNING)**

**ULLA HAVERINEN-SHAUGHNESSY
NATIONAL INSTITUTE FOR HEALTH AND WELFARE**



AVRUPA VE ABD OKULLARINDA İÇ ÇEVRE KALİTESİ – ÖĞRENCİ SAĞLIĞI VE ÖĞRENMESİNE ETKİLERİ

Ulla HAVERINEN-SHAUGHNESSY

ÖZET

Okullar, çocuklar için evlerinden sonra gelen ikinci en önemli iç ortamlardır. Fakat okulların iç çevre kalitesinden sıklıkla ödün verilmekte; bu da çocukların sağlığı ve öğrenim çıktıları ile ilişkilendirilmektedir. İç çevre kalitesinin yönetimi, ısı şartlarının ve yeterli havalandırmanın kontrolünü kapsamaktadır. Okullardaki ısı çevrenin kontrolü ve yeterli havalandırmanın sağlanması, semptomları ve hastalığa bağlı devamsızlığı azaltabileceği gibi performans ve öğrenmeyi de iyileştirebilir. Havalandırma hızının düşük olması insan sağlığı ve performansı üzerindeki olumsuz etkilerin ana sebebi olan iç hava kirleticilerine maruziyeti artırabilir. Bu yüzden, kirletici kaynak kontrolü temel strateji olmalıdır. Etkili nem kontrolü, rutubet ve küf problemlerini engelleyebilir ve öğrencilerin solunum sağlığına olumlu bir katkıda bulunabilir. Son çalışmalar temas sıklığı yüksek yüzeylerin temizliğinin sağlık etkileriyle, özellikle, sindirim sistemi ile ilgili semptomlarla bağlantılı olduğunu göstermektedir. Avrupa ve ABD okullarında yapılan çalışmalar, okullardaki iç çevre kalitesi yönetiminin potansiyel yararlarını anlamaya yardımcı olmuştur. Etkili yönetimin ilk adımı izlemektir: Dünya Sağlık Örgütü çocukları çevresel tehlikelerden korumak için gönüllülük yaklaşımıyla yeni göstergelere dayalı olarak Parma taahhütlerini izlemek için bir anket geliştirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akademik başarı, temizlik, rutubet ve küf, sindirim sistemi semptomları, performans, ısı koşulları, havalandırma, solunum sağlığı

1. GİRİŞ

Konforsuz iç ortam sıcaklıkları, yetersiz havalandırma ve nem – küf problemleri, öğrencilerin sağlık ve performansını olumsuz etkileyebilecek, düşük okul iç çevre kalitesinin (İÇK) birer göstergesidir. Isıl konfor, İÇK ve sağlığın temel ögesidir. Bu yüzden birçok araştırma, öğrenci performansının [1], hava kalitesini algılamada azalma ve hasta bina sendromunun [2,3] yüksek sınıf sıcaklıklarıyla bağlantılı olduğunu; düşük sınıf sıcaklıklarının ise solunum sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yarattığını göstermektedir [4-6].

Daisey ve arkadaşları (2003) okullardaki yetersiz havalandırmanın sağlık problemlerine neden olduğunu saptamıştır. Mendell vd. (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışma ise bunun üzerine yeterli havalandırma ile iç hava kirleticilerinin düzeylerinin azaltılmasının öğrencilerin sağlığı üzerinde olumlu etkiler yaratacağını eklemiştir [7,8].

İÇK'nden birçok okulda yetersiz bakım ve temizlik sebebiyle ödün verilmektedir. Yetersiz havalandırma üst ve alt solunum yolu problemleriyle ilişkilendirilmiş olan nem ve küfün oluşma riskini artırabilir [9-13]. Yetersiz temizlik ise bulaşıcı ajanlar yayan ekolojik rezervuarların oluşmasıyla sonuçlanabilir. Okullarda hijyenin iyileştirilmesi ve biyolojik kalıntıların hedeflenerek temizlenmesi hastalıkların (MRSA, Shigella salgınları), hasta bina sendromu semptomlarının ve devamsızlığın azalmasını sağlayabilir [14-17].

Bu çalışmada Avrupa ve ABD okullarında İÇK, sağlık ve akademik performans üzerine devam etmekte olan ve yapılmış son çalışmalar özetlenmiştir.

2. YÖNTEM

Bu bildiriye incelenen çalışmalar, okul binalarını ve (nemlilik ve küf dahil olmak üzere) durumlarını belirleyici veriler toplamak için genel olarak anket uygulamalarını ve kontrol listelerini kullanmıştır. İÇK verileri, iç ve dış hava sıcaklıklarını, bağıl nemi ve CO₂ derişimlerini birkaç hafta veya gün boyunca ölçülmesiyle toplanmıştır. Havalandırma hızı, CO₂ verileri kullanılarak veya bazı durumlarda sınıflardaki hava çıkış menfezlerinde hava akışını ölçerek belirlenmiştir. İki – üç aylık periyotlarla çöken toz toplanmış; toz miktarı ve mikrobiyal içerik (veriler gösterilmemiştir) için analiz edilmiştir. Seçilen yüzeylerin temizliği ve yapılan temizliğin etkinliği adenozin trifosfat (ATP) tespiti ve düzeylerinin saptanması; ve agar (RODAC) Petri kapları kullanılarak toplam kültürü yapılabilen bakteri miktarının belirlenmesi yoluyla değerlendirilmiştir [18]. Sağlık ile ilgili veriler Finlandiya’da anket uygulaması yoluyla, ABD’de okul hemşirelerinden elde edilmiştir. Akademik performansla ilgili veriler ulusal sınavlardan toplanmıştır. Veri analizinde tanımlayıcı istatistikler, faktör analizi, doğrusal karma modeller ve hiyerarşik Zero Inflated Poisson (ZIP) modelleri gibi çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR

Yakın zamanda Finlandiya’da 60 okul binasında yapılan çalışmalar sınıflarda yeterli havalandırma sağlayabilmek için bakım ya da parça değişimine ihtiyaç olduğunu göstermiştir [19]. Üçyüzbir okulun 6. sınıf öğrencilerinin matematik dersindeki başarıları ile çocukların bildirdiği sınıfta yüksek sıcaklık ve hastalık sebebiyle okula devamsızlık arasında ilişki olduğu görülmüştür [20]. Turunen ve arkadaşları [21] dört binden daha fazla sayıda öğrenci için sağlık ve iyilik halinin okul bazında yaygınlığını belirlemiş ve öğrenciler tarafından bildirilen düşük iç hava kalitesi ile ölçülen ortalama sıcaklık ve havalandırma hızı ile ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Solunum yolu semptomları ile ısıtma sezonunda konforsuz sıcaklıklar ve rutubet veya nem hasarı arasında ilişki olduğu 134 okulun müdürleri ve 6. sınıf öğrencilerine ayrı ayrı uygulanan anketler yoluyla toplanan veriler analiz edilerek ortaya konmuştur [22]. Ek olarak, üst solunum yolu semptom sayısının yetersiz havalandırma ve rutubet veya nem hasarı ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Yetersiz havalandırma olan okullarda solunum yolu enfeksiyonları sebebiyle devam edilemeyen okul günü sayısının daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, okul bazında İÇK gösterge değişkenlerinin öğrencilerin kendileri tarafından bildirilen solunum yolu semptomları ve solunum yolu enfeksiyonları sebebiyle kaçırılan okul günlerinin sayısındaki değişkenliği göreceli büyük oranda açıkladığı da bulunmuştur.

Avrupanın üç farklı iklim bölgesindeki üç ülkenin okullarındaki nemlilik sorunları uluslararası HITEA çalışmasıyla anket uygulamaları ve bina incelemeleri kullanılarak incelenmiştir [23]. Bu çalışmaya göre Hollanda, İspanya ve Finlandiya okullarındaki minimum nemlilik sorunu yaygınlığı sırasıyla %20, %41 ve %24 düzeyindedir. Bu okullarda nem hasarı, rutubet ve gözle görülebilir küf gibi nem sorunlarının göreceli olağan olduğu sonucuna varılmıştır. Nem sorunlarıyla velilerin bildirdiği solunum yolu semptomları arasındaki ilinti ülke bazında >9000 ilkokul öğrencinin verisi kullanılarak incelenmiştir. Gece kuru öksürük ile okulda nem sorunları her üç ülke verisine göre de ilişkili bulunmuştur. Nem sorunu olan okullara devam eden Fin çocuklarında hırıltı, nazal semptomlar ve solunum yolu hastalıkları ilintili okul devamsızlığının anlamlı bir şekilde yüksek olduğu belirlenirken, bu ilişkiler Hollandalı ve İspanyol çocuklarda görülmemiştir. Çalışma, okullarda nem sorunlarının çocukların solunum yolları sağlığını olumsuz etkilediği ve Fin çocukların okullardaki rutubet nedeniyle daha yüksek sağlık etkileri risklerine sahip oldukları sonucuna varmıştır [24].

Birçok çalışma ABD okullarının sınıflarında havalandırma hızlarının American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning (ASHRAE) tarafından tavsiye edilen kişi başına minimum 7,1 l/s düzeyinin sıklıkta altında kaldığını bildirmiştir [25]. Yüz ilkokuldan veri toplayan bir çalışma mevcuttan 7,1 l/s/kişi değerine kadar her l/s artışın 5. sınıf öğrencilerinin eyalet ana müfredat standardize edilmiş testlerinden geçme oranında matematik için %2,9 (%95 Güven Aralığı %0,9-4,8), okuma için %2,7 (%95 Güven Aralığı %0,5-4,9) artış sağlayabildiğini göstermiştir [26]. Diğer bir araştırma 70 okulun 140 sınıfında havalandırma hızının yanında sınıf sıcaklığını da ölçmüş ve bireysel matematik notları ile havalandırma hızı arasında anlamlı ilişki bulmuştur [27]. Tavsiye edilen 7,1 l/s düzeyine doğru gözlenen minimum 0,9 l/s/kişi düzeyinden (74 puan tahmini etki) her l/s artış ile birlikte ortalama matematik notunun (2286 puan) %0,5 (11 puan) artmıştır. Düşen her 1 °C sınıf sıcaklığı ile ek 12-13

puan artışı olmuştur (ölçülen sıcaklık aralığı 20-25 °C, tahmini 67 puan etki). Çalışma, yeterli havalandırma ve ısı konfor sağlanması durumunda öğrencilerin akademik başarısının artacağı sonucuna ulaşmıştır. Devamında yapılan bir çalışmada ise havalandırma hızı ile solunum yolu semptomlarıyla okul revirine müracaatlar ve kültür edilebilir bakteri ile sindirim sistemi semptomlarıyla başvuru arasında ilişki belirlerken, okula devamsızlık ve İÇK parametreleri arasında bir ilişki bulamamıştır [28].

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) Avrupa Bölgesi Üye Devletleri 2010 yılında çocukların bulunduğu tesislerde sağlıklı bir çevre sağlamak için zaman kısıtı olan takip eden sorumlulukları yüklenmişlerdir: (1) Tütün dumanızsız hava, (2) iç hava kalitesi rehberlerinin uygulanması, (3) uygun sıhhi tesisatın sağlanması ve (4) çocukların okula yürümleri veya bisikletle gidebilmelerinin sağlanması [29]. DSÖ şimdiye dek, bu hedeflere ulaşımın izlenmesi maksadıyla standart okul inceleme metodolojisinin geliştirilmesini koordine etmiştir. Okul incelemesi, her okulda, bir okul haftası boyunca, üç sınıfta iç hava kalitesinin (pasif örneklemeyle azot dioksit, formaldehit ve benzen) ve havalandırma hızının izlenmesini içermektedir. Ayrıca, ısı şartları (sıcaklık ve nispi nem) da izlenecektir. İnceleme ek olarak, tüm okul alanlarının rutubet ve küf açısından teftiş edilmesini ve öğrencilerin hijyen pratiklerini ve uygun bir şekilde bakımı ve temizliği yapılan sıhhi tesisata erişimleri olup olmadığının belirlenmesini de içerir. Bu inceleme, potansiyel olarak öğrencilerin sağlık ve öğrenmeleri ile ilgili olan okullarda iyileştirilmiş İÇK için bir temel oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Wargocki, P., Wyon, D. The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children. HVAC&R Res 13:193–220,2007.
- [2] Seppänen, O., Fisk, W.J. Summary of human responses to ventilation. Indoor Air 14:102–118, 2004.
- [3] Seppänen, O, Fisk, W.J., Faulkner, D. 2003. Cost Benefit Analysis of the Night-Time Ventilative Cooling in Office Building. In: Proceedings of Healthy Buildings 2003, Singapore, Vol. 3: 39 – 399.5.
- [4] Pönkä, A. Absenteeism and respiratory disease among children and adults in Helsinki in relation to low-level air pollution and temperature. Environ Res 52(1):34–46, 1990.
- [5] Tseng, C.M., Chen, Y.T., Ou, S.M., Hsiao, Y.H., et al. The Effect of Cold Temperature on Increased Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Nationwide Study, PLoS One 8(3), 2013.
- [6] Mourtzoukou, E.G., Falagas, M.E. Exposure to cold and respiratory tract infections. Int J Tuberc Lung Dis 11(9): 93 –43, 2007.
- [7] Daisey, J.M., Angell, W.J., Apte, M.G. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. Indoor Air 13:53–64, 2003.
- [8] Mendell, M., Eliseeva, E. A., Davies, M. M., et al. Association of classroom ventilation with reduced illness absence: a prospective study in California elementary schools, Indoor Air, 23: 515–528, 2013.
- [9] New York State. New York State Toxic Mold Task Force: Final Report to the Governor and Legislature. New York State Department of Health. www.health.state.ny.us/environmental/indoors/air/mold/task_force, 2010.
- [10] Mudarri, D., Fisk, W. Public Health and economic impact of dampness and mold. Indoor Air 17:226–35, 2007.
- [11] Mendell, M., A. Mirer, K. Chung, et al. Respiratory and allergenic health effects of dampness, mold and dampness-related agents: A review of the epidemiologic evidence. Environmental Health Perspectives 119 (6), 2011.
- [12] Cox-Ganser, J.M., Rao, C.Y., Park, J.H., et al. Asthma and respiratory symptoms in hospital workers related to dampness and biological contaminants. Indoor Air 19(4):280-90, 2009.
- [13] Park, J.H., Schleiff, P.L., Atfield, M.D., et al. Building-related respiratory symptoms can be predicted with semi-quantitative indices of exposure to dampness and mold. Indoor Air 14(6):425-33, 2004.



- [14] Higashiyama, M., T. Ito, X. Han, et al.: Trial to control an outbreak of Panton-Valentine leukocidin-positive methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* at a boarding school in Japan. *Am. J. Infect. Control* 39:868–865, 2011.
- [15] Hostetler, K., M. Lux, K. Shelley, et al. MRSA as a health concern in athletic facilities. *J. Environ. Health* 74:18–25, 2011.
- [16] Zhang, X., Z. Zhao, T. Nordquist, et al. A longitudinal study of sick building syndrome among pupils in relation to microbial components in dust in schools in China. *Sci. Total Environ.* 409:5263–5259, 2011.
- [17] Schulte, J., L. Williams, A. Jawaid, et al. How we didn't clean up until we washed our hands: Shigellosis in an elementary and middle school in North Texas. *South. Med. J.* 105:1–4, 2012.
- [18] Shaughnessy, R., Cole, E., Moschandreas, D., Haverinen-Shaughnessy, U. ATP as a Marker for Surface Contamination in Schools and a Potential Approach to the Measurement of Cleaning Effectiveness. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*: 10(6), 336-346, 2013.
- [19] Palonen, J., Kurnitski, J., Haverinen-Shaughnessy, U., Shaughnessy, R. Preliminary results from Finnish Primary schools' ventilation system performance study. In: *Proceedings of Healthy Buildings*, paper ID 490, 2009.
- [20] Haverinen-Shaughnessy, U., Turunen, M., Metsämuuronen, J., et al. Health and Academic Performance of Sixth Grade Students and Indoor Environmental Quality in Finnish Elementary Schools. *British Journal of Educational Research* 2(1): 42–58, 2012.
- [21] Turunen, M., Toyinbo, O., Putus, T., et al. Indoor environmental quality in school buildings, and the health and wellbeing of students. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 217 (7):733–739, 2014.
- [22] Matilainen, M., Toyinbo, O., Turunen, M., et al. An analysis of questionnaire data on indoor environmental quality in schools and student health. In: *Proceedings of Indoor Air '14*, Hong Kong, 2014.
- [23] Haverinen-Shaughnessy, U., Turunen, T., Borrás, A., et al. Occurrence of dampness, excess moisture and mould in schools in three climatic regions of Europe. *Indoor Air*, 22(6), 457-466, 2012.
- [24] Borrás-Santos, A., Jacobs, J.H., Täubel, M., et al. Dampness and mould in schools and respiratory symptoms in children: the HITEA study. *Occup Environ Med*, 70, 681-687, 2013.
- [25] ANSI/ASHRAE. Ventilation for acceptable indoor air quality, Atlanta GA, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004).
- [26] Haverinen-Shaughnessy, U., Moschandreas, D., Shaughnessy, R. Association between Sub-Standard Classroom Ventilation Rates and Students' Academic Achievement. *Indoor Air*, 21(2), 121–131, 2011.
- [27] Haverinen-Shaughnessy, U., Shaughnessy, R. Effects of classroom ventilation rate and temperature on students' test scores. Provisionally accepted for publication.
- [28] Haverinen-Shaughnessy, U., Shaughnessy, R., Cole, E., et al. Characterization of indoor environmental quality in schools and its association with health and performance. Provisionally accepted for publication.
- [29] Egorov, A., Mata, E., Deliu, A., et al. Pilot WHO survey in Albania to assess pupils' exposure to environmental hazards in schools. Poster presented in ISES 2012 conference, *Epidemiology* 23(5S), 637, 2012.

ÖZGEÇMİŞ

Ulla HAVERINEN-SHAUGHNESSY

Dr. Haverinen-Shaughnessy Finlandiya Ulusal Sağlık ve Refah Enstitüsünde Kıdemli Araştırmacı, Tampere Teknoloji Üniversitesinde Sağlıklı Binalar Doçenti ve ABD Tulsa Üniversitesinde misafir öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Doktorasını 2002 yılında Tampere Teknoloji Üniversitesinden almış, 2002-2004 arasında Fullbright Bursu ile Illinois Teknoloji Enstitüsünde (Şikago, ABD) doktora sonrası araştırmacı olarak bulunmuştur. Sonrasında kendi araştırma grubunu kurmuş, Avrupa'da birçok araştırmayı tasarlamış ve yönetmiş, ABD'de araştırmalarda yer almıştır. Bilimsel dünyaya birçok uzman pozisyonunda hizmet etmektedir. Örnek olarak, rutubet ve küf kaynaklı sağlık etkilerinin azaltılabilmesini sağlayacak uygulamaların belirlenmesi için; evlerle ilgili hastalık külfetini belirlemek için; politika üretimini destekleyici çevresel sağlık bilgi sistemlerinin geliştirilmesi konularında DSÖ ile çalışmıştır.



INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY IN SCHOOLS IN EUROPE AND THE US – EFFECTS ON STUDENTS’ HEALTH AND LEARNING

Ulla HAVERINEN-SHAUGHNESSY

ABSTRACT

Following home environments, schools are the second most important indoor environments for children. However, indoor environmental quality (IEQ) is frequently compromised in schools, and it has been associated with student health and learning outcomes. Management of IEQ includes control of thermal conditions and adequate ventilation. Control of thermal environment and provision of adequate ventilation in schools can lead to decreased symptoms and illness absence, as well as improved performance and learning. Low ventilation rates can result in an increased exposure to indoor air pollutants, which are assumed to be the primary reason for adverse effects on occupant health and performance. Therefore, pollutant source control should be a fundamental strategy. Effective moisture control can prevent dampness and mould problems and result in better respiratory health among students. Recent research has also associated cleanliness of high contact surfaces with health outcomes, especially gastro-intestinal symptoms. Recent research conducted in the European and US schools helps to understand the potential benefits of management of IEQ in schools. First step to effective management is monitoring: World Health Organization has developed a survey based on a set of new indicators as a voluntary approach to monitoring of Parma commitments to protect children from environmental hazards.

Key Words: Academic achievement, Cleanliness, Dampness and mold, Gastro intestinal symptoms, Performance, Thermal conditions, Ventilation, Respiratory health

1. INTRODUCTION

Unsatisfactory indoor temperatures, inadequate ventilation, and moisture and mold problems are indicators of poor IEQ in schools, which may adversely affect students’ health and performance. Thermal comfort is fundamental to IEQ and health. Whereas elevated classroom temperatures have been associated with student performance [1], reduced perception of air quality, and sick building syndrome (SBS) [2, 3], several studies have also found cold temperatures to adversely affect respiratory health [4-6].

Daisey et al. (2003) found inadequate ventilation in some schools leading to health issues, and a recent study by Mendell et al. (2013) added to the understanding that reduction of indoor air contaminants by means of adequate ventilation has a positive effect on child health [7, 8].

In many schools, IEQ is compromised by inadequate maintenance and cleaning practices. Inadequate maintenance can increase the risk of dampness and mold, which has been extensively documented to be associated with upper and lower respiratory problems [9-13]. Inadequate cleaning can lead to ecological reservoirs, which can disseminate infectious agents. Enhanced hygiene and targeted cleaning of biological residuals in schools have resulted in reduced illnesses (MRSA, Shigella outbreaks), reduced sick building syndrome (SBS) symptoms, and reduced absenteeism [14-17].

This paper summarises recent and ongoing studies on IEQ, health, and academic performance in European and US school buildings.

2. METHODS

The studies described in this paper have mainly used questionnaires and checklists to collect descriptive data on school buildings and their condition (including dampness and mould). Data on IEQ have been collected by monitoring indoor and outdoor temperatures, relative humidity (RH), and CO₂ concentrations for several days or weeks. Ventilation rates have been assessed based on CO₂ data or in some cases, by measuring the exhaust air flows from exhaust vents in the classrooms. Settled dust have been collected over 2-3 months periods and analyzed for the amount of dust and its microbial content (data not shown). Cleanliness and the effectiveness of cleaning of selected surfaces has been assessed using monitoring systems to detect and quantify adenosine triphosphate (ATP), and contact agar (RODAC) plates to quantify levels of total culturable bacteria [18]. Health data have been collected using questionnaires (in Finland) and data from school nurses (in the US). Data on academic performance have been collected from national tests. Data analyses have included various statistical methods, such as descriptive statistics, factor analysis, linear mixed models (LMM), and hierarchical Zero Inflated Poisson (ZIP) models.

3. RESULTS

In Finland, recent studies including on-site investigation of ventilation systems in 60 school buildings indicated a need for maintenance or replacement due to insufficient classroom ventilation [19]. Further studies associated mathematics achievement of 6th grade students in 301 schools and both self-reported elevated classroom temperatures and absenteeism due to ill health [20]. Turunen et al. (2014) assessed school level prevalence values of students' health and wellbeing (>4000 6th grade students), and found self-reported daily stuffiness/poor IAQ significantly correlated with measured mean temperatures and ventilation rates in classrooms [21]. Analyses of questionnaire data from 134 school buildings collected from school principals and independently collected health questionnaire data collected from the 6th grade students established associations between occurrence of upper respiratory symptoms and unsatisfactory classroom temperature during heating season and dampness or moisture damage, respectively [22]. Also the number of upper respiratory symptoms was significantly associated with inadequate ventilation and dampness or moisture damage. A higher number of missed school days due to respiratory infections were reported in schools with inadequate ventilation. It was also found that the school level IEQ indicator variables (based on principal reporting) could explain a relatively large part of the school level variation observed in the self-reported upper respiratory symptoms and missed school days due to respiratory infections among the students.

An international HITEA study investigated the occurrence of moisture problems in schools in three countries from different climatic regions of Europe based on questionnaires and building inspections [23]. Based on the study, the minimum estimates for prevalence of moisture problems in school buildings were 20% in the Netherlands, 41% in Spain, and 24% in Finland. Moisture problems, such as moisture damage, dampness, and visible mould, were concluded to be relatively common in these schools. Country specific associations between moisture problems and parent-reported respiratory symptoms were explored (data from >9000 elementary school students). Dry cough at night was associated with moisture damage in schools in all three countries. Finnish children attending moisture damaged schools had significantly more often wheeze, nasal symptoms, and respiratory health related school absence, but these associations were not seen in Dutch or Spanish school children. The study concluded that moisture problems in schools may cause adverse respiratory effects in pupils; Finnish pupils were found to be at higher risk for adverse health outcomes due to dampness problems in schools [24].

In the US, several studies have found ventilation rates in classrooms frequently below the American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning recommended minimum of 7.1 l/s per person [25]. One study collected data from a hundred elementary schools and estimated that for every l/s per person increase up to 7.1 l/s per person, the percentage of 5th grade students passing the State's core curriculum based standardized tests could increase by 2.9% (95%CI 0.9–4.8%) in mathematics and 2.7% (0.5–4.9%) in reading [26]. Another study included both ventilation rates and temperatures measured from 140 classrooms in 70 schools, and found a statistically significant association between ventilation rates and fifth grade students' individual mathematics scores [27]. Students' mean mathematics scores (average 2286 points) were increased by up to eleven points (0.5%) per each liter per second per person increase in ventilation rate towards the recommended minimum of 7.1 l/s per person (observed minimum 0.9 l/s per person, estimated effect size 74 points). There was an additional increase of 12-13 points per each 1 °C decrease in temperature (observed range 20-25 °C, estimated effect size 67 points). The study concluded that maintaining adequate ventilation and thermal comfort in classrooms could significantly improve academic achievement of students. A subsequent study also found associations between ventilation rates and mean number of visits to school nurse due to respiratory symptoms, and culturable bacteria with number of visits due to gastrointestinal symptoms; but no significant correlations were found between absenteeism and IEQ parameters [28].

In 2010, Member States of the WHO European Region made time bound commitments to provide healthy environment in children's facilities, ensuring that they are tobacco smoke-free, implementing WHO indoor air quality guidelines, providing access to proper sanitation, and enabling children to walk and cycle to schools [29]. Since then, WHO has coordinated the development of a standardized school survey methodology for monitoring progress towards these goals. The survey includes monitoring of indoor air quality (passive sampling of NO₂, formaldehyde and benzene) and ventilation rates in three classrooms per school during one school week. Also thermal conditions (T, RH) are monitored. In addition, the survey includes all school premises inspected for mould and dampness, and evaluates students' hygiene practices and access to properly maintained and serviced sanitation facilities. The survey provides a basis towards improved IEQ in schools, potentially related to students' health and learning.

REFERENCES

- [1] Wargocki, P., Wyon, D. The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children. HVAC&R Res 13:193–220,2007.
- [2] Seppänen, O., Fisk, W.J. Summary of human responses to ventilation. Indoor Air 14:102–118, 2004.
- [3] Seppänen, O, Fisk, W.J., Faulkner, D. 2003. Cost Benefit Analysis of the Night-Time Ventilative Cooling in Office Building. In: Proceedings of Healthy Buildings 2003, Singapore, Vol. 3: 39 – 399.5.
- [4] Pönkä, A. Absenteeism and respiratory disease among children and adults in Helsinki in relation to low-level air pollution and temperature. Environ Res 52(1):34–46, 1990.
- [5] Tseng, C.M., Chen, Y.T., Ou, S.M., Hsiao, Y.H., et al. The Effect of Cold Temperature on Increased Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Nationwide Study, PLoS One 8(3), 2013.
- [6] Mourtzoukou, E.G., Falagas, M.E. Exposure to cold and respiratory tract infections. Int J Tuberc Lung Dis 11(9): 93 –43, 2007.
- [7] Daisey, J.M., Angell, W.J., Apte, M.G. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. Indoor Air 13:53–64, 2003.
- [8] Mendell, M., Eliseeva, E. A., Davies, M. M., et al. Association of classroom ventilation with reduced illness absence: a prospective study in California elementary schools, Indoor Air, 23: 515–528, 2013.



- [9] New York State. New York State Toxic Mold Task Force: Final Report to the Governor and Legislature. New York State Department of Health. www.health.state.ny.us/environmental/indoors/air/mold/task_force, 2010.
- [10] Mudarri, D., Fisk. W. Public Health and economic impact of dampness and mold. *Indoor Air* 17:226–35, 2007.
- [11] Mendell, M., A. Mirer, K. Chung, et al. Respiratory and allergenic health effects of dampness, mold and dampness-related agents: A review of the epidemiologic evidence. *Environmental Health Perspectives* 119 (6), 2011.
- [12] Cox-Ganser, J.M., Rao, C.Y., Park, J.H., et al. Asthma and respiratory symptoms in hospital workers related to dampness and biological contaminants. *Indoor Air* 19(4):280-90, 2009.
- [13] Park, J.H., Schleiff, P.L., Atfield, M.D., et al. Building-related respiratory symptoms can be predicted with semi-quantitative indices of exposure to dampness and mold. *Indoor Air* 14(6):425-33, 2004.
- [14] Higashiyama, M., T. Ito, X. Han, et al.: Trial to control an outbreak of Panton-Valentine leukocidin-positive methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* at a boarding school in Japan. *Am. J. Infect. Control* 39:868–865, 2011.
- [15] Hostetler, K., M. Lux, K. Shelley, et al. MRSA as a health concern in athletic facilities. *J. Environ. Health* 74:18–25, 2011.
- [16] Zhang, X., Z. Zhao, T. Nordquist, et al. A longitudinal study of sick building syndrome among pupils in relation to microbial components in dust in schools in China. *Sci. Total Environ.* 409:5263–5259, 2011.
- [17] Schulte, J., L. Williams, A. Jawaid, et al. How we didn't clean up until we washed our hands: Shigellosis in an elementary and middle school in North Texas. *South. Med. J.* 105:1–4, 2012.
- [18] Shaughnessy, R., Cole, E., Moschandreas, D., Haverinen-Shaughnessy, U. ATP as a Marker for Surface Contamination in Schools and a Potential Approach to the Measurement of Cleaning Effectiveness. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*: 10(6), 336-346, 2013.
- [19] Palonen, J., Kurnitski, J., Haverinen-Shaughnessy, U., Shaughnessy, R. Preliminary results from Finnish Primary schools' ventilation system performance study. In: *Proceedings of Healthy Buildings*, paper ID 490, 2009.
- [20] Haverinen-Shaughnessy, U., Turunen, M., Metsämuuronen, J., et al. Health and Academic Performance of Sixth Grade Students and Indoor Environmental Quality in Finnish Elementary Schools. *British Journal of Educational Research* 2(1): 42–58, 2012.
- [21] Turunen, M., Toyinbo, O., Putus, T., et al. Indoor environmental quality in school buildings, and the health and wellbeing of students. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 217 (7):733–739, 2014.
- [22] Matilainen, M., Toyinbo, O., Turunen, M., et al. An analysis of questionnaire data on indoor environmental quality in schools and student health. In: *Proceedings of Indoor Air '14, Hong Kong*, 2014.
- [23] Haverinen-Shaughnessy, U., Turunen, T., Borrás, A., et al. Occurrence of dampness, excess moisture and mould in schools in three climatic regions of Europe. *Indoor Air*, 22(6), 457-466, 2012.
- [24] Borrás-Santos, A., Jacobs, J.H., Täubel, M., et al. Dampness and mould in schools and respiratory symptoms in children: the HITEA study. *Occup Environ Med*, 70, 681-687, 2013.
- [25] ANSI/ASHRAE. Ventilation for acceptable indoor air quality, Atlanta GA, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004.
- [26] Haverinen-Shaughnessy, U., Moschandreas, D., Shaughnessy, R. Association between Sub-Standard Classroom Ventilation Rates and Students' Academic Achievement. *Indoor Air*, 21(2), 121–131, 2011.
- [27] Haverinen-Shaughnessy, U., Shaughnessy, R. Effects of classroom ventilation rate and temperature on students' test scores. Provisionally accepted for publication.



- [28] Haverinen-Shaughnessy, U., Shaughnessy, R., Cole, E., et al. Characterization of indoor environmental quality in schools and its association with health and performance. Provisionally accepted for publication.
- [29] Egorov, A., Mata, E., Deliu, A., et al. Pilot WHO survey in Albania to assess pupils' exposure to environmental hazards in schools. Poster presented in ISES 2012 conference, Epidemiology 23(5S), 637, 2012.

RESUME

Ulla HAVERINEN-SHAUGHNESSY

Dr. Haverinen-Shaughnessy is a Senior Researcher at the National Institute for Health and Welfare in Kuopio, Finland, a Docent of Healthy Buildings at Tampere University of Technology (TUT), Finland, and a Visiting Professor at the University of Tulsa, USA. After receiving her doctorate from TUT in 2002, she was awarded Fulbright Research Grant for her post-doctoral studies at Illinois Institute of Technology, Chicago (2002-2004), after which she established her own research group. Since then, she has designed and coordinated several studies in Europe and participated in studies in the USA. She has served the scientific community in many expert positions. For example, she has collaborated with WHO on identification of interventions to reduce health effects from dampness and mould; quantifying the burden of housing-related disease; and development of environmental health information systems to support policy making.

