

Välisõhuvahetuse osaline kompenseerimine õhu puhastamisega

**Ülar Palmiste
Tallinna Tehnikaülikool**

Teadmistepõhine ehitus 2016



ETTEKANDE TEEMAD

- Siseõhu kvaliteedi strateegia
- Õhu puhastamine kui energiatõhususe meede



PROBLEEMIPÜSTITUS

#1

Süsihappegaasi (CO_2) kontsentratsioonist on kujunenud siseõhu kvaliteeti üldistav mõõdik, mis ei võta arvesse kõiki siseõhu saasteaineid ega nende allikaid

#2

Ventilatsiooni õhuvooluhulk ja energiakulud on pöördvõrdelises seoses



SISEÕHU KVALITEEDI STRATEEGIA (1)

- „Indoor air quality procedure“

- *on toimuvuspõhine meetod siseõhu kvaliteedi tagamiseks, mille korral välisõhu vooluhulgad määratakse siseõhu saasteallikate, saasteainete piirmäärade ja tajutava sisekliima hinnangu analüüsi põhjal*

- Tutvustatud ASHRAE poolt 1981

- Eesmärk: innovatsioon ventilatsiooni energiatõhususe lahendustes



SISEÕHU KVALITEEDI STRATEEGIA (2)

Etapid

1. Saasteainete väljaselgitamine
2. Saasteainete allikad
3. Emissioonide kiirused
4. Saasteainete lubatud piirmäärad
5. Tajutava sisekliima tingimus
6. Arvutuslikud tsoonide õhuvooluhulgad
7. Tajutava sisekliima hinnangud
8. Tsoonide õhuvooluhulkade valik
9. Süsteemi välisõhu vooluhulk



ETAPP 1: SAASTEAINETE VÄLJASELGITAMINE

Saasteainete klass	Tüüp	Näide
Peenosakesed	tahked	tolm
	vedelad	bioaerosoolid
Gaasilised	anorgaanilised	ammoniaak
	orgaanilised	formaldehüüd
Saasteainete segud	allikapõhised/ mõjupõhised	tubakasuits

- Universaalne saasteainete andmebaas puudub
- Projekteerija/kavandaja teadmised saasteainetest on meetodi riskifaktor



ETAPP 2: SAASTEAINETE ALLIKAD

Sisekeskkond

- inimesed
- inimeste tegevus
- sisutus
- viimistlusmaterjalid
- tehnosüsteemid
- seadmed

Väliskeskkond

- välisõhk
- transort
- heitmete konteinerid
- loodus (õietolm, eosed)

Saasteallikate ja nendest eralduvate ainete omavahelised seosed tehakse kindlaks laboratuursete analüüside abil



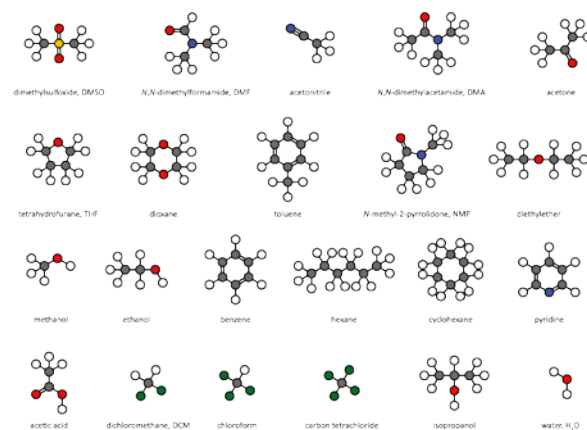
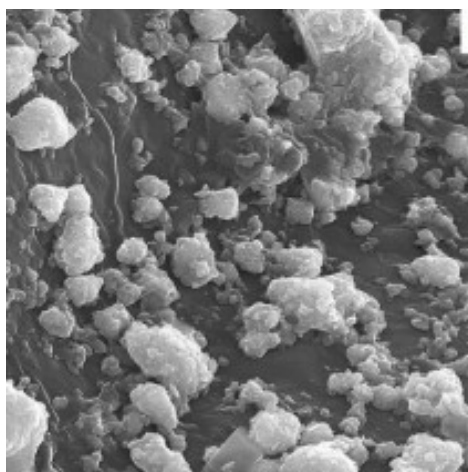
ETAPP 3: EMISSIOONIDE KIIRUSED

- Iga etapis 1 kindlaks määratud saasteaine kohta tuleb kindlaks määrata tema **emissiooni kiirus allikast**
- Mõnede saasteallikate tüüpilised emissioonide kiirused on esitatud kirjandusallikates
- Vajadusel määratakse laboratuursete mõõtmistega



ETAPP 4: SAASTEAINETE LUBATUD PIIRMÄÄRAD

- Toetudes autoriteetsetele allikatele, tuleb määrata aktsepteeritavad piirmäärad saasteainete kontsentratsioonidele sisekeskkonnas





ETAPP 5: TAJUTAVA SISEKLIIMA TINGIMUS

- Õhukvaliteedi **subjektiivne hinnang**
- *Näiteks:* 80% tsoonis viibijatest peab olema rahul tajutava siseõhu kvaliteediga
- Kõrgemad nõuded seavad suurema väljakutse tehnosüsteemile, liiga madalate nõuete tagajärg on suur hulk siseõhu kvaliteediga rahulolematuid inimesi



ETAPP 6: TSOONIDE ÕHUVOOLUHULGAD

- Tsoonide õhuvooluhulgad saab arvutada kui on teada
 - saasteained
 - saasteainete allikad
 - emissioonide kiirused
 - lubatud piirmäärad
- Õhuvooluhulgad leitakse kasutatakse keemilise tasakaalu võrrandeid, millest avaldatakse minimaalne tarvilik välisõhu vooluhulk
- Tasuta tarkvara CONTAM
<http://www.bfrl.nist.gov/IAQanalysis/CONTAM/>



ETAPP 7: TAJUTAVA SISEKLIIMA HINNANGUD

- Hoone kasutajate rahulolu hindamiseks on kaks lähenemist:
 1. pärast hoone valmimist toimub testgrupiga subjektiivne hindamine igas hoone tsoonis
 2. kasutatakse oluliselt sarnase hoone tsoonides saadud tulemusi
- Vajadusel võetakse ette meetmed õhukvaliteedi parendamiseks



ETAPP 8: TSOONIDE ÕHUVOOLUHULKADE VALIK

- Iga tsooni õhuvooluhulga valik

→ valitakse suurem väärtus arvutuslikust hinnangust ja subjektiivsest hinnangust (tajutav õhukvaliteet)



ETAPP 9: SÜSTEEMI VÄLISÕHU VOOLUHULK

- Kogu süsteemi välisõhu vooluhulk leitakse summeerides tsoonide õhu vooluhulgad



METOODI EELIS

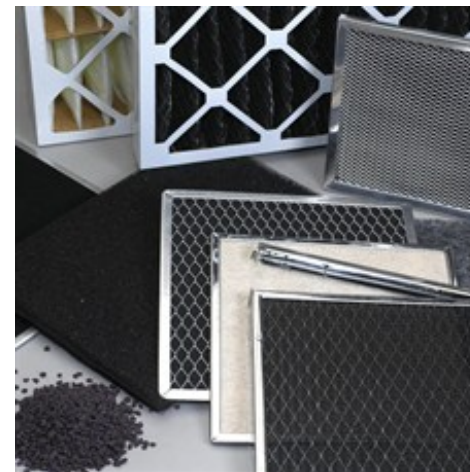
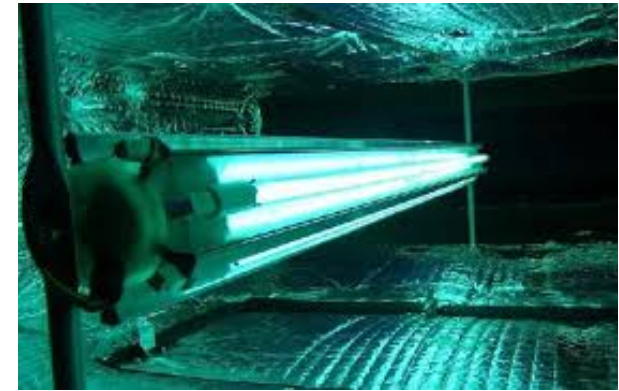
Siseõhu kvaliteedi strateegia võtab arvesse õhukvaliteeti parendavad meetmed:

- saasteallika kõrvaldamine
- madalamate saasteainete eraldusega materjalid
- õhupuhastuse tehnoloogiad õhu retsirkulatsiooniga



ÕHUPUHASTUSE TEHNOLOOGIAD

- Mehaaniline filter
- Elektrooniline filter
- Adsorptsioon-filter
- UV irradiatsioon
- Fotokatalüütiline oksüdatsioon
- Plasmatöötlus
- Biofilter
- Puhastamine taimedega
- Membraan





ÕHU PUHASTAMINE VÄLISÕHUVAHETUSE KOMPENSEERIMISEKS

ΔL_v – välisõhu vooluhulga vähenemine

C – saasteaine kontsentratsioon siseõhus

$L_{\tilde{o}p}$ – õhuvooluhulk läbi õhupuhasti

ε – õhupuhasti efektiivsus

Õhupuhastuse määr ventilatsiooniga $R = \Delta L_v \cdot C$

Õhupuhastuse määr õhupuhastiga $R = L_{\tilde{o}p} \cdot \varepsilon \cdot C$

Õhupuhastuse kriteerium välisõhu vooluhulga vähendamisel

$$L_{\tilde{o}p} \cdot \varepsilon \geq \Delta L_v$$



Brunswick High School, Ohio, (USA)

P. Johnson (2006) Reduced
outside air for auditorium.
ASHRAE Journal



- Uus auditoorium – eesmärk parim siseõhu kvaliteet väiksemate vooluhulkade juures
- Õhu vooluhulk: 7 l/s → 3,5 l/s
- Ventilatsiooni energiatagastus
- ASHRAE Technology Awards 2006



Brunswick High School, Ohio, (USA)

P. Johnson (2006) Reduced
outside air for auditorium.
ASHRAE Journal



	Traditsiooniline	Siseõhu kvaliteedi strateegia
Välisõhu vooluhulk	7080 l/s	3540 l/s
Tahkete osakeste filter	G3 (<20%)	F6 (60-70%)
Gaasiliste saasteainete filter	-	ionisaator



Brunswick High School, Ohio, (USA)



■ Energiatõhusus

- väiksem jahutussüsteem: 255kW → 150kW
- väiksem küttesüsteem: 350kW → 77kW
- väiksemad ventilatsioonikanalid
- väiksem alginvesteering: - \$60 000



TULEVIKUPERSPEKTIIV

- Siseõhu kvaliteedi strateegia laiem rakendamine vajab teadusuuringuid järgmistel teemadel:
 1. saasteained ja saasteainete segud → usaldusväärne andmebaas
 2. saasteainete allikad → õhusaaste ennetamine
 3. õhu puhastamise lahendused → energiasääst, parem õhukvaliteet
 4. tajutava siseõhu kvaliteet ja selle hindamine → mõju inimesele
- Uued õhupuhastuse tehnoloogiad tagavad sama või parema siseõhu kvaliteedi vähendatud välisõhu vooluhulkade juures



Tänan tähelepanu eest!

Ülar Palmiste
ular.palmiste@ttu.ee



Kirjanduse loetelu

1. Dennis Stanke (2012). Minimum outdoor airflow using IAQ procedure. *ASHRAE Journal*
2. William Fisk, Hugo Destailats, Meera A. Sidheswaran (2011). Saving energy and improving IAQ through application of advanced air cleaning technologies. *REHVA Journal*
3. Marwa Zaatari, Atila Novoselac, Jeffrey Siegel (2016). Impact of ventilation and filtration strategies on energy consumption and exposures in retail stores. *Building and Environment*
4. John Dieckmann, Kurtis Mckenney, James Brodrick (2009). Air purification to reduce OA. *ASHRAE Journal*
5. Peter Johnson (2006). Reduced outdoor air for auditorium. *ASHRAE Journal*
6. Mark Mendell, Michael Apte (2010). Balancing energy conservation and occupant needs in ventilation rate standards for “Big Box” stores and other commercial buildings in California: Issues related to the ASHRAE 62.1 Indoor Air Quality Procedure. *Berkley National Laboratory*