

Hoonete sisekliima ja tehnosüsteemid

1. Ülesanne – Piiretarindi soojuslähivuse leidmine

Teooria

Suletud süsteemis ühtlustuvad erinevate temperatuuridega kehad soojusvahetuse teel: soojus liigub kõrgema temperatuuriga kehalt madalama temperatuuriga kehale.

Eesti kliimas projekteeritakse seinad talviste olukordade jaoks, kus toas on soe ning õues on külm, seega soojus liigub toast õue. Kandekonstruksioonide soojuslähivus on üldjuhul pigem kõrge, seega lisatakse soojuskadude vähendamiseks neile soojusisolatsiooni, tänapäeval peamiselt mineraalvilla või mõnda vahtplasti (EPS, XPS).

Soojuslähivuse saab leida soojustakistuse pöördväärtusest (valem 3). Seega leiame kõigepealt konstruktsiooni soojustakistuse (valem 2). Ühekihilise materjali soojustakistus leitakse valemiga 1:

$$\text{Soojustakistus: } R = \frac{d}{\lambda} \text{ ühik } \frac{\text{m}^2 * \text{K}}{\text{W}} \quad (1)$$

d – materjali lähimõõt, m (NB! meetrites)

λ – materjali soojuserijuhtivus ühik $\frac{\text{m} * \text{K}}{\text{W}}$

Materjali soojuserijuhtivus, väljendab soojusvoolu vattides mis läbib 1m paksuse ja 1 m² suuruse pinnaga materjalikihi kui temperatuuri vahe vastastikuste pindade vahel on 1K

NB! Esimese ülesande videolahenduses on tahvlil ühik valetpidi kirjutatud.

Soojuslikult homogeenestest kihtidest piiretarindi kogusoojustakistuse leidmine

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (2)$$

R_{si} piirde sisepinna soojustakistus, sõltub soojusvoo suunast, seinapuhul 0,13 m²K/W

R_1, R_2 iga materjalikihi arvutuslik soojustakistus

R_{se} piirde välispinna soojustakistus, 0,04 m²K/W

$$\text{Soojuslähivus } U = \frac{1}{R_T}, \text{ ühik } \frac{\text{W}}{\text{m}^2 * \text{K}} \quad (3)$$

Ülesanne:

Kontrollida kas arhitekti poolt antud seina (150mm poorbetoon + 100mm EPS) soojusläbivus ehk U-arv = 0,15 W/(m²K) vastab tegelikkusele.

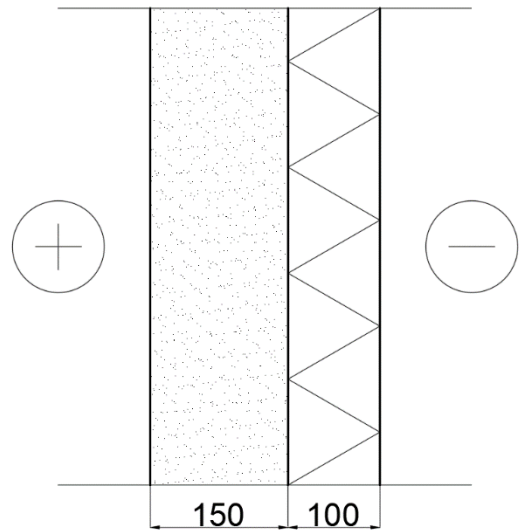
Antud

$$\lambda_{\text{betoon}} = 0,09 \text{ (m}^*\text{K)/W}$$

$$\lambda_{\text{EPS}} = 0,032 \text{ (m}^*\text{K)/W}$$

$$d_{\text{betoon}} = 150 \text{ mm}$$

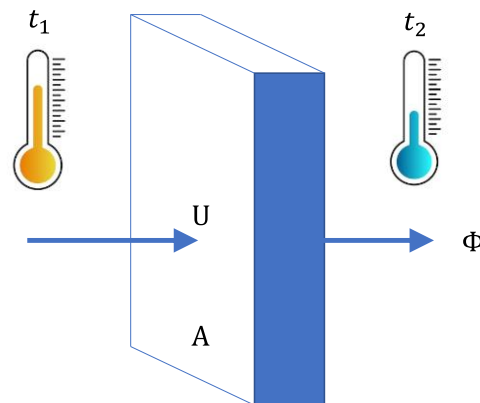
$$d_{\text{EPS}} = 100 \text{ mm}$$



2. Hoone soojuskadude ehk tarindite soojusvoolu leidmine

Teooria

Hooned on tehtud materjalidest, mis lasevad läbi sooja, õhku ja niiskust. Hoone soojuskadude leidmiseks on vaja arvutada, kui palju soojust väljub (soojuskadu) läbi tarindite, näiteks läbi seinte, põranda, lae, uste ja akende jms. Soojusvool Φ on soojushulk, mis kandub ühes ajaühikus läbi vaadeldava keha, näiteks läbi hoone seina (Joonis 1).



Joonis 1. Soojusvool läbi seina

Üldjuhul hoonetes õhutemperatuur kõigub, kuid energiaarvutuste puhul võib lihtsustada ning võtta õhutemperatuur kindla väärtusega. Selleks, et hoones püsiks konstantne temperatuur peab hoonetele lisama, ehk hoonet kütma sama koguse energiaga, mis hoonest läbi tarindite välja läheb. Soojusvool on leitav valemiga 4:

$$\Phi = U * A * (t_1 - t_2) \text{ ühik W} \quad (4)$$

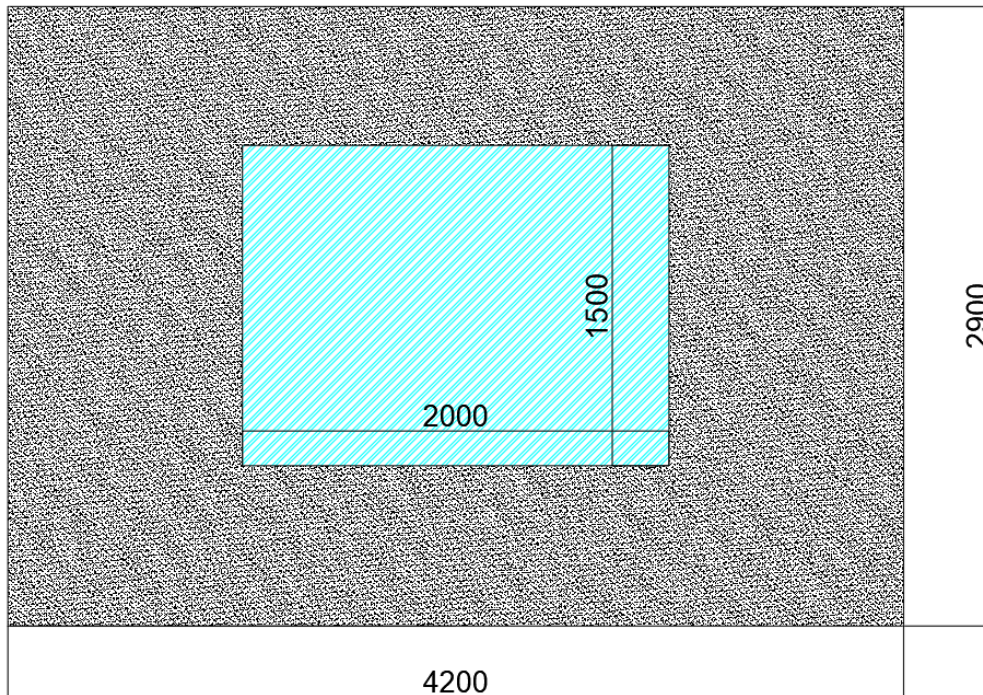
U – Keha soojusläbivus, $\frac{W}{m^2 \cdot K}$

A – Keha pinna pindala, m^2

Δt – temperatuuride vahe ühel ja teisel pool vaadeldavat keha, antud ülesandes temperatuuride vahe sise- ja välisõhu vahel.

Ülesanne:

Leida ühe välisseinaga ruumi soojuskadu. Välisseina laius on 4,2m ning kõrgus 2,9m ning seinas on üks aken pindalaga $3m^2$. Seinaga kasutada eelmises ülesandes leitud U arvu ning akna U arvuks võtta $0,85 W/(m^2 \cdot K)$. Siseruumi õhutemperatuuriks võtta $+23^\circ C$ ja välisõhu temperatuuriks $-22^\circ C$



3. Ventilatsiooniagregaadi soojustagasti suhtarvu ehk kasuteguri määramine ning soojustagasti võimsuse arvutamine.

Teooria

Tihti küsitakse miks üldse paigaldada hoonele ventilatsiooniseade. Vanematel hoonetel võis kunagi piisata loomulikust ventilatsioonist, aga uued ning renoveeritud hooned on tihtipeale väga õhutihedad, seega on loomulik ventilatsioon puudulik ning ruumis piisava värsket õhu tagamiseks tulebki kasutada mehhaanilist- ehk sundventilatsiooni.

Ventilatsiooni tööpõhimõte on iseenesest väga lihtne, ruumi juhitakse mingi hulka puhast välisõhku ning ruumist eemaldatakse üldjuhul samapalju “musta” õhku. Hoone sissepuhutava ja väljatõmmatava õhuvoolu hulgad võiks olla võrdsed, et vältida hoones üle- või alarõhu teket.

Talvel külma välisõhku otse ruumi puhudes oleks aga ruumis viibijatel väga ebamugav ning lisaks suureneks ka küttekulud. Seetõttu peab ruumi puhutatavat õhku enne soojendama. Üks hea viis seda teha on võtta ära soojus väljast minevast õhust ning kanda see üle sisse puhutavale õhule, milleks kasutatakse soojustagastusega ventilatsiooniagregaatide.

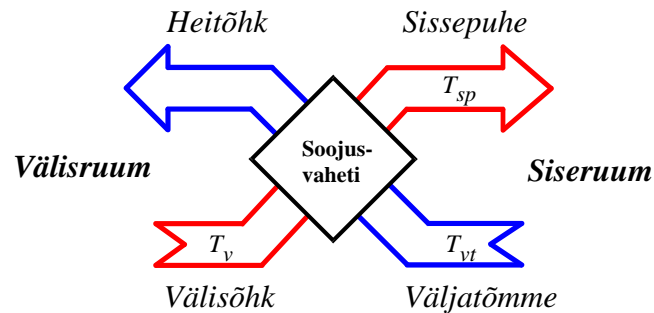
Enamlevinud soojustagasti tüüpideks on rootorsoojustagasti, plaatsoojustagasti ning vahesoojuskandjaga-soojustagasti.

Soojustagastiga saavutatud säästu väljendab selle kasutegur. Kõige suurem on rootorsoojustagasti kasutegur, tavaliselt >80% plaatsoojustagasti kasutegur jääb 60-80% vahele. Plaatsoojustagasti õigustab ennast paremini seal, kus ei ole lubatud õhu segunemine (nt tualettruumid, kõrge niiskusega ruumid, tolmuised tööruumid jne). Plaatsoojustagasti puhul väljatõmbe ja sissepuhke õhuvoolud eriti ei segune. Vahesoojuskandja-soojustagasteid

kasutatakse ventilatsioonisüsteemides kus peab olema täielikult välistatud sissepuhke ja väljatõmbe õhkude segunemine, näiteks haiglates.

Ainult soojusvahetist ei pruugi piisata et tagada sissepuhutava õhu piisavalt kõrge temperatuur, seetõttu võib vaja olla sissepuhutavat õhku järelsoojendada, mida tehakse järelküttekalorifeeriga.

Soojustagasti kasuteguri arvutamine



Joonis 2. Plaatsoojustagasti tööpõhimõte

$\eta = \frac{T_{\text{Sisepuhkeõhk}} - T_{\text{välisõhk}}}{T_{\text{väljatõmbeõhk}} - T_{\text{välisõhk}}}$ ühikuta, kui korrutada 100-ga võib väljendada ka protsentides.

η - soojustagasti suhtarv ehk kasutegur.

$T_{\text{sisepuhkeõhk}}$ – välisõhu, mis on läbinud soojustagasti, soojenenud ning juhitakse seejärel ruumi, temperatuur °C

$T_{\text{väljatõmbeõhk}}$ – ruumist välja tõmmatava õhu temperatuur °C

$T_{\text{välisõhk}}$ – õueõhu temperatuur. °C

Soojustagasti võimsuse arvutamine

Soojustagasti võimsus näitab kui palju energiat soojustagasti mingi ajaühiku jooksul ruumist väljatõmmatavalt õhult ära võtab ning õuest võetavale ning ruumi sisse puhutavale õhule annab. Üldjuhul kasutatakse võimsuse ühikuna vatti, kuigi suuremate õhuvooluhulkade puhul on mõistlikum kasutada kW.

$$\Phi = L * \rho_{\text{õhk}} * c_{\text{õhk}} * \Delta t \text{ ühik W}$$

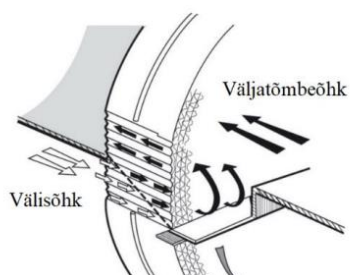
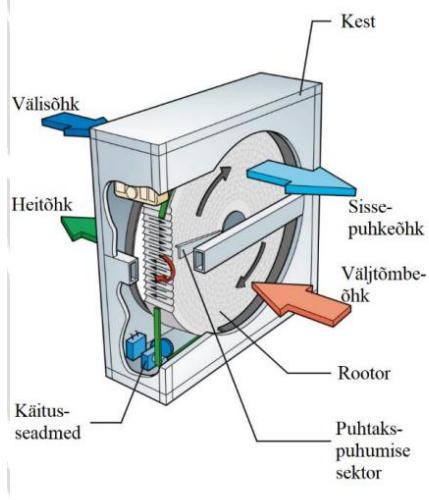
L – õhu vooluhulk m^3/s

$\rho_{\text{õhk}}$ – õhu tihedus, $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$

$c_{\text{õhk}}$ – õhu erisoojus, $1000 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{°C})$

Δt – õhu temperatuuride vahe enne ja pärast soojustagasti läbimist °C

Rootorsoojustagasti



Ülesanne

Leida rootorsoojustagasti temperatuuri suhtarv, kui välisõhu temperatuur on -22°C , ruumist välja tõmmatava õhu temperatuur on $+23^{\circ}\text{C}$ ning ruumi sissepuhutava õhu temperatuur pärast soojustagastit on $+16^{\circ}\text{C}$. Arvutada antud soojustagasti võimsus ehk energia kogus mille välisõhk soojustagastit läbides ühes sekundis saab enne kui õhk ruumi sisse puhutakse, kui ventilatsiooni õhuvooluhulk on 100 l/s.

Lahendused.

1. Ülesanne

Kõigepealt leiame kogu seina soojustakistuse

$$R_t = R_{si} + R_{betoon} + R_{EPS} + R_{se} = 0,13 \frac{W}{m^2K} + \frac{0,15 m}{0,09 \frac{W}{mK}} + \frac{0,10 m}{0,032 \frac{W}{mK}} + 0,04 \frac{W}{m^2K} = 4,96 \frac{W}{m^2K}$$

Seejärel leiame soojusläbivuse ehk soojustakistuse pöördväärtuse.

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{4,96 \frac{W}{m^2K}} = 0,20 \frac{m^2K}{W}$$

V: Arhitekti antud U arv ei vasta tegelikkusele, tegelik U arv on 0,20 (m²K)/W

2. Ülesanne

Leiame soojusvoolu läbi seina ning läbi akna ning liidame need kokku

$$\Phi = \Phi_{sein} + \Phi_{uks} = 0,2 \frac{W}{m^2K} * 9,18m^2 * 45K + 0,85 \frac{W}{m^2K} * 3m^2 * 45K = 197,4 W$$

3. Ülesanne

Soojustagasti kasutegur

$$\eta = \frac{T_{sissepuhkeõhk} - T_{välisõhk}}{T_{väljatõmbeõhk} - T_{välisõhk}} = \frac{16 - (-22)}{23 - (-22)} = \frac{38}{45} = 0,84 = 84\%$$

Soojustagasti võimsus

$$\Phi = 0,1 \frac{m^3}{s} * 1,2 \frac{kg}{m^3} * 1000 \frac{J}{KgK} * (16 - (-22)) = 4560W = 4,56kW$$