

Épületenergetika MSc (Nappali)

Tantárgy Neptun kódja: Nappali: **GEAHT015M**

Tárgyfelelős intézet: EVG - Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

Tárgyfelelős: Dr. Bolló Betti - egyetemi docens

Óraszám/hét: 2 óra előadás+1 óra gyakorlat

Számonkérés módja: gyakorlati jegy

Kreditpont: 4

Tárgy tematikus leírása:

1. hét Épületfizika alapfogalmai, ismerkedés a MATHCAD programmal.
Hőátvitel alapjai
2. hét Az épületenergetikai követelményekre és a tanúsításra vonatkozó hazai és EU előírások, fontosabb jogszabályok, törvények.
Hőátviteli folyamat számítása
3. hét Az épületek, az épülethatároló szerkezetek, valamint az épületgépészeti rendszerek energiaigényének számítási módszerei.
Hőátvitel alapjaira példa
4. hét Épületek fűtési és HMV rendszere. Az épületgépészeti (fűtési, szellőzési, használati melegvíz-ellátási, hűtési, világítási) rendszerek azonosítása, az egyes rendszerekre vonatkozó primer energiaigény számítása.
Hőátvitel alapjaira példa
5. hét Épületek szellőztetési rendszere. A szellőztetés légcseré-számának meghatározása. Fajlagos hőveszteség meghatározása.
Hőátvitel alapjaira példa
6. hét Klimatechnikai alapjai, épületek klímarendszere,
Hőátvitel alapjaira példa
7. hét Épületek auditálásánál alkalmazható számítási módszerek és algoritmusok.
8. hét A fűtési rendszer elemeinek felülvizsgálata. A felülvizsgálat módszerei, kapott eredmények dokumentálása. A felülvizsgálati igazolás tartalmi és formai követelményei.
9. hét A világítás energiafelhasználásának számítása, veszteséganalízis. A hatékony villamos energia felhasználás módszertana. Mesterséges világítás és az energetikai tanúsítás.
10. hét Megújuló energiák és hasznosításuk az épületenergetikai berendezésekben.
11. hét Az épületek energetikai minőségének tanúsítási rendszere, a tanúsításnál alkalmazható módszerek új és meglévő épületeknél. Energetikai minőség osztályai, az osztályba sorolás szabályai. Tanúsítás dokumentálása.
12. hét Energetikai rendszerek auditálásánál alkalmazható mérési módszerek és mérőműszerek. Energetikai mérés és felülvizsgálat.
13. hét Kazánok és hőtermelő energiahatékonysági felülvizsgálata, a felülvizsgálat dokumentumainak tartalmi és formai követelményei
14. hét Az épület energetikai rendszerek energiatudatos üzemeltetése. Az épület és energetikai rendszerének energiatudatos korszerűsítése

Félévközi számonkérés módja és az aláírás megszerzésének feltétele (Nappali):

Az aláírás feltétele kiadott feladat megfelelő szintű megoldása .

Az előadások 60%-án kötelező a részvétel, valamint a gyakorlatok maximum 30%-ról lehet hiányozni!

Gyakorlati jegy / kollokvium teljesítésének módja, értékelése (Nappali):

A gyakorlati jegyet a zárthelyi eredménye adja, melyet a beadott évkozi feladat legfeljebb egy jeggyel módosíthat mindkét irányba.

Osztályozás:

0-49% elégtelen;

50-60% elégséges;

61-74% közepes;

75-84% jó;

85-100% jeles

Kötelező irodalom:

[1] Schifter F., Tolvaj B.: Épületenergetika, Nemzeti tankönyvkiadó, Elektronikus tananyag, 2011.

[2] Bánhidi, L.; Kajtár, L.: Komfortelmélet. Budapest, Műegyetemi Kiadó, 2000.

[3] S.C.Somasundaram-Thermal Engineering-New Age International (P) Ltd,1996

[4] Y.V.C.Rao-An Introduction to Thermodynamics-New Age International (P) Ltd, 2004

[5] Yunus A.Cengel-Thermodynamics-International Edition, 2006

Ajánlott irodalom:

[1] Bánhidi, L.: Ember Épület Energia.Budapest, Akadémiai Kiadó, 1994.

[2] Zöld, A.: Épületenergetika. Műegyetemi Kiadó 85008, 1996.

[3] Magyar, Z.;Szikra, Cs.:Légtechnikai rendszerek elemei és felépítése. VET-BOOM, Kurzusmodul 6.1, 2006.

[4] Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings. A Handbook. Ed. by Troi, Alexandra (EURAC research) / Bastian, Zeno (Passive House Institute).

Épületenergetika vizsga

MINTA

NÉV:	NEPTUN kód	
------	------------	--

(Olvashatóan!)

A zárthelyi időtartama: 80 perc

Elérhető pontszám: **65 pont**

Elégségeshez szükséges pontszám: **33 pont**

Jó munkát kívánok!

- 1. Ismertesse a Wien-féle eltolódási törvényt! (8 pont)**
- 2. Egy-dimenziós stacionárius hővezetés esetén egy kétrétegű síkfalban, hőátadással a két felületén, származtassa a kialakuló hőáram és hőellenállás számítására alkalmas összefüggéseket! Készítsen ábrát! Származtassa továbbá a két réteg érintkezési hőmérsékletét!**
Adott: A , δ_1 , δ_2 , λ_1 , λ_2 , α_1 , α_2 , ϑ_{F1} és ϑ_{F2} (a két oldali közeghőmérsékletek). Írja fel az összefüggésekben szereplő mennyiségek nevét és SI mértékegységét! **(16 pont)**
- 3. Ismertesse a komfortelmélet célját és főbb témaköreit! (6 pont)**
- 4. Mit nevezünk légcsereszámnak, harmatpontnak és páratartalomnak? (6 pont)**
- 5. Ismertesse a hőhidak fogalmát és típusait! (6 pont)**
- 6. Ismertesse a fűtési rendszerekkel szemben támasztott követelmények. A fűtési rendszerek csoportosítása hőfejlesztő, hőszállító közeg és hőleadó kialakítása alapján. (10 pont)**
- 7. Soroljon fel öt szigetelési módszert! (5 pont)**
- 8. Mely épületeket tekintünk passzívházaknak, milyen kritériumrendszert kell teljesíteniük? (8 pont)**

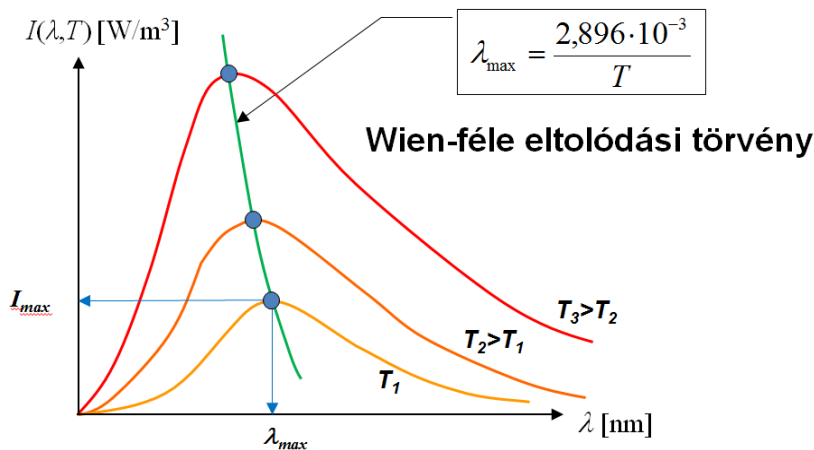
Épületenergetika vizsga

Megoldás

1. Ismertesse a Wien-féle eltolódási törvényt! (8 pont)

Az abszolút fekete test T hőmérsékletéhez tartozó spektrális emisszióképesség görbéjének maximumhelyére vonatkozóan állapított meg törvényt (1893). A törvény szerint az abszolút fekete test emisszióképességének hullámhossz szerinti maximumhelye (λ_{max}) fordítva arányos a termodinamikai hőmérséklettel: $\lambda_{max} = b/T$, ahol b a Wien-féle eltolódási állandó ($b = 2,896 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$).

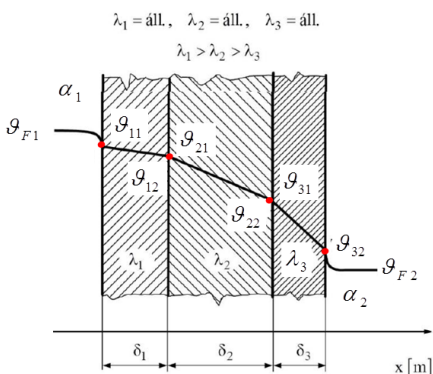
Megjegyzés: rövid hullámhosszokra és alacsony hőmérsékletekre ad a tapasztalattal egyező görbét.



A hőmérséklet növekedésével a maximális sugárzásintenzitáshoz tartozó hullámhossz csökken!

2. Egy-dimenziós stacionárius hővezetés esetén egy kétrétegű síkfalban, hőátadással a két felületén, **származtassa** a kialakuló hőáram és hőellenállás számítására alkalmas összefüggéseket! Készítsen ábrát! **Származtassa** továbbá a két réteg érintkezési hőmérsékletét!

Adott: $A, \delta_1, \delta_2, \lambda_1, \lambda_2, \alpha_1, \alpha_2, \theta_{F1}$ és θ_{F2} (a két oldali közeghőmérsékletek). Írja fel az összefüggésekben szereplő mennyiségek nevét és SI mértékegységét! (16 pont)



Adott: $\theta_{F1}, \theta_{F2}, \lambda_i = \text{áll.}, \delta_i, A, \alpha_1, \alpha_2$ ($i = 1, 2, 3$)

$\dot{Q} = ?$, $R = ?$, $\theta_{12} = ?$

$\dot{Q} = A \dot{q} = \text{áll.}$ $\dot{Q} = -\lambda_i \frac{d\theta_i}{dx} A = -\lambda_i \frac{\Delta\theta_i}{\Delta x} A$ $\dot{Q} = \lambda_i \frac{\theta_{i1} - \theta_{i2}}{\delta_i} A$ **(1)**
($i = 1, 2, 3$)

newtoni hőátadási törvényből:

$\dot{Q} = \alpha_1 (\theta_{F1} - \theta_{11}) A$ **(2)** $\dot{Q} = \alpha_2 (\theta_{32} - \theta_{F2}) A$ **(3)**

Hőlépcső: $\vartheta_{F1} - \vartheta_{F2} = (\vartheta_{F1} - \vartheta_{11}) + (\vartheta_{11} - \vartheta_{12}) + (\vartheta_{21} - \vartheta_{22}) + (\vartheta_{31} - \vartheta_{32}) + (\vartheta_{32} - \vartheta_{F2})$

$$\begin{matrix} \text{(2)} \rightarrow \frac{\dot{Q}}{\alpha_1 A} & \text{(1)} \rightarrow \frac{\delta_1 \dot{Q}}{\lambda_1 A} & \text{(1)} \rightarrow \frac{\delta_3 \dot{Q}}{\lambda_3 A} & \text{(3)} \rightarrow \frac{\dot{Q}}{\alpha_2 A} \end{matrix}$$

$$\vartheta_{F1} - \vartheta_{F2} = \frac{\dot{Q}}{A} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2} \right) = \frac{1}{A} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^3 \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \dot{Q}$$

Hőáram: $\dot{Q} = \frac{\vartheta_{F1} - \vartheta_{F2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^3 \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} A$

$$R = \frac{1}{A} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^3 \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \left[\frac{\text{K}}{\text{W}} \right] \quad R: \text{ hővezetési ellenállás}$$

Hőlépcső: $\vartheta_{F1} - \vartheta_{12} = (\vartheta_{F1} - \vartheta_{11}) + (\vartheta_{11} - \vartheta_{12}) = \frac{\dot{Q}}{A} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right) \rightarrow \vartheta_{12} = \vartheta_{F1} - \frac{\dot{Q}}{A} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right)$

3. Ismertesse a komfortelmélet célját és főbb témaköreit. Írja fel a komfortegyenletet és a benne szereplő mennyiségek neveit. **(8 pont)**

A komfortelmélet eredeti célja azoknak az objektív és szubjektív feltételeknek a meghatározása, amelyek mellett az egyes emberek vagy embercsoportok tevékenységüknek megfelelő kellemes körülmények között, jó közérzettel élik végig mindennapjaikat. Az elégedettség határaihoz tartozó fizikai jellemzőket a komfortelmélet szakemberei határozzák meg, az ezek megvalósításához szükséges berendezéseket és rendszereket természetesen az épületgépészek tervezik.

- A komfortelméletnek kezdettől kiinduló témája volt az emberi szervezetben lezajló oxidációs folyamatok energetikai hatásának számszerűsítése.
- A korábbiaknál pontosabb megfogalmazásokra és számértékekre van szükség.
- Az optimális viszonyok rögzítése mellett a komfortelmélet speciális témákkal, a szélsőséges viszonyok elviselésének feltételeivel, a védőöltözék megtervezésével is foglalkozik.

A komfortelmélet főbb témakörei:

- hőkomfort,
- levegő minősége,
- akusztikai alapfogalmak,
- természetes és mesterséges megvilágítás.

4. Mit nevezünk légcsereszámnak, harmatpontnak és páratartalomnak? **(6 pont)**

A **légcsereszám** azt mutatja, hogy 1 óra alatt hányszor cserélődik ki a helyiség levegője. Tehát ha a légcsereszám 5, akkor a helyiségben lévő levegő óránként ötször kicserélődik.

A **harmatpont** a levegőnek az a **hőmérséklete**, amelyen az adott nedvességtartalmú levegő a folyékony vízre nézve **telítetté** válik. A harmatpontnál – a *harmatpont-hőmérsékletnél* – alacsonyabb környezeti hőmérsékletnél megindul a víztartalom kicsapódása, a **kondenzáció**.

A **páratartalom**:

- **abszolút páratartalom:** az 1 m³ levegőben lévő vízpára mennyiségét mutatja [g/m³].
- **relatív páratartalom:** a levegőben lévő vízpára arányát mutatja adott hőmérsékleten a lehetséges telítettséghez [%].

Az ideális relatív páratartalom: Emberek számára: 40-60%. Gyermeknekél 60-70% az optimális.

A levegő páratartalma hatással van az emberi hőérzetre. A magas páratartalmú levegőt melegebbnek érezzük, míg az alacsonyabb páratartalommal bírót hűvösebbnek.

5. Ismertesse a hőhidak fogalmát és típusait! (6 pont)

Hőhíd: a szerkezetnek egy olyan pontja, szakasza vagy felülete, ami jobban vezeti a hőt, mint a szerkezet többi része.

A hőáram minden esetben a melegtől a hideg felé halad. Ott, ahol lényegesen magasabb a beépített anyagok hővezetési tényezője, intenzívebb hőáramlás alakul ki.

Ha a légcseré nem megfelelő, vagyis nem szellőzik eleget a helyiség, nő a páratartalom, ezzel együtt pedig nő a harmatpont, vagyis az a hőmérséklet, ahol kicsapódik a levegő páratartalma. Azokon a helyeken, ahol a levegő légmozgása alacsonyabb, például a szekrények mögött, ágyak mellett, ott a probléma hamarabb jelentkezhet és a hatása is intenzívebb.

Hőhidak jelentősége:

- felületi páralecsapódás hőhidakon, hideg pontokon lehetséges (**állagvédelmi kérdés**)
- porózus anyagokon a kapilláris kondenzáció megindulása elegendő a penészedéshez (**egészséget veszélyeztető kérdés**)
- fémeken, üvegen a harmatponton indul meg a kondenzáció
- hőveszteség (**épületenergetikai kérdés**)
- hőmozgások (**állagvédelmi kérdés**)

Hőhidak típusai:

Geometriai hőhíd kialakulásáról akkor beszélhetünk, amikor a geometriai kialakításból adódóan a külső lehűlő felület nagyobb, mint a belső fűtött felület. Ez épület sarkokban fordul elő.

Szerkezeti hőhíd: kialakulásáról különböző hővezetésű anyagok összeépítésénél jönnek létre. Pl. sarokablaknál, vagy a sarokban lévő vasbeton pilléreknél, hagyományos falazóhabarcs.

6. Ismertesse a fűtési rendszerekkel szemben támasztott követelmények. A fűtési rendszerek csoportosítása hőfejlesztő, hőszállító közeg és hőleadó kialakítása alapján. (15 pont)

A fűtéssel szemben támasztott követelmények összetettek, a legfontosabbak a következők:

- a fűtött helyiség belső hőmérséklete érje el a megkívánt értéket,
- a fűtés legyen könnyen szabályozható, és a szabályozással a kívánt hőmérséklet ± 1 °C eltéréssel beállítható legyen,
- a fűtés nem szennyezheti a helyiség levegőjét, nem lehet zajos, nem okozhat kellemetlen légáramlást,
- a fűtési rendszer kialakítása és üzemeltetése gazdaságos legyen.

A fűtés csoportosítható:

a) a hőfejlesztő alapján:

- **egyedi fűtés** (pl. kályha, gázkonvektor)
- **központi fűtés** (pl. lakáson, épületen belüli gázkazán)
- **távfűtés** (a hőforrás a fűtött épülettől nagyobb távolságra helyezkedik el)

b) a hőszállító közeg alapján:

- **vízfűtés,**
- **gőzfűtés,**
- **légfűtés.**

c) a hőleadó kialakítása alapján

- **konvekciós fűtés,**
- **sugárzó fűtés.**

7. Sorolja fel, hogy milyen szigetelési módszereket ismer! (5 pont)

Jól szigetelt külső fal létrehozásához sokféle konstrukciót alkalmaznak:

- Falazat belső szigeteléssel,
- Kétrétegű falazat belső szigeteléssel,
- Falazat hőszigetelő vakolattal,
- Falazat külső hőszigeteléssel,
- Falazat külső hőszigeteléssel hátulról szellőztetett homlokzattal,
- Falazat áttetsző vagy átlátszó hőszigeteléssel,
- Könnyűszerkezetes fal (faváz).

8. Mely épületeket tekintjük passzívházaknak, milyen kritériumrendszert kell teljesíteniük? (8 pont)

A passzívház egy olyan épületet jelent, melynek belső klímája **télen-nyáron kellemes** érzést biztosít hagyományos fűtési rendszer nélkül.

A passzívházak definíciója a darmstadt-i Passzívház Intézettől származik, és bő két évtizedes múltra tekint vissza. A definíció szerint azokat az épületeket tekintjük passzívházaknak, amelyek a következő hármas kritériumrendszert teljesítik:

1. Az épület fűtési energiateljesítménye ne haladja meg a $15 \text{ kWh/m}^2, \text{év}$ -et. Ez a követelmény végső energiában értendő, azaz nem számít, hogy ezt a hőt földgázzal, távhővel, megújuló energiával, vagy villamos árammal állítjuk elő.
2. Az épület teljes primer energiateljesítménye (háztartási gépekkel együtt) $120 \text{ kWh/m}^2, \text{év}$ alatt legyen. Egy átlagos háztartás villamosenergia-felhasználása kb. $50 \text{ kWh/m}^2, \text{év}$, amit ha átszámolunk primer energiára: $125 \text{ kWh/m}^2, \text{év}$ -et jelent. (kizárólag energiahatékony háztartási gépek → alacsonyabb villamos felhasználás)
3. Az épület légtömörségére vonatkozik a harmadik követelmény: az épület n_{50} értéke ne haladja meg a $0,6 \text{ 1/h-t}$. Ezt az értéket blower-door méréssel kell meghatározni szabványos eljárás szerint.