

## Záróvizsga kérdéssor

Tantárgycsoport neve: **Épületenergetika**

Neptun kódja: ZVEGEÉEBEEN

Kreditértéke: 7

Tantárgycsoportba sorolt tantárgyak:

- **Épületenergetika (BMEGEÉEBX5A)**
- **Épületfizika épületenergetikusoknak (BMEGEÉEBE5A)**

Képzés: Energetikai mérnöki alapképzési szak (2N-AE0-2017)

Specializáció: Épületenergetika specializáció

Tantárgyfelelősök:

- Dr. Csoknyai Tamás, csoknyai.tamas@gpk.bme.hu, ÉPGET, GPK
- Dr. Horváth Miklós, horvath.miklos@gpk.bme.hu, ÉPGET, GPK

A tantárgyak hatályos adatlapját a Gépészmérnöki Kar Oktatási Portálján tekintheti meg.

<https://oktatas.gpk.bme.hu/>

A vizsgafelkészülés előtt a kérdéssor időbeli hatályát mindig ellenőrizze az edu.gpk.bme.hu oldalon!

**Érvényes: 2021. szeptember 1-től**

*Dr. Csoknyai Tamás* s.k.  
egyetemi docens

*Dr. Horváth Miklós* s.k.  
adjunktus

1 8 7 1

## Épületenergetika

A záróvizsga az Épületenergetika tantárgy súlyponti részeit tartalmazza. A záróvizsgán a kérdéssorból egy vagy több kérdés összevonva feltehető. A kérdések más formában is megfogalmazhatók.

### I. Transzmisszió, hőhíd

1. Jellemző hőtranszport folyamatok épületekben (vezetés, átadás, sugárzás) példákkal.
2. Hővezetési tényező, hőáram, hőátadási tényező, hővezetési ellenállás, rétegrendi hőátbocsátási tényező, definíció, jel, mértékegység.
3. Hőáram, hővezetési ellenállás, rétegrendi hőátbocsátási tényező, definíció, jel, mértékegység.
4. Hőfokeloszlás többrétegű síkfalban. Fagyhatár szerepe. Ábra alapján rétegek típusának meghatározása. Rétegsorrend szerepe.
5. Hőátadási tényezők értéke függőleges külső határolás esetén.
6. Légrétegek hőellenállása mitől függ és hogyan.
7. Hőtranszport folyamatok a többrétegű hőszigetelt üvegezésben.
8. Konvektív hőátvitel két üvegréteg között a töltőgáz anyaga és a résszélesség függvényében (diagram).
9. Hőhidak csoportosítási lehetőségei.
10. Hőhíd csomóponti ábrák értelmezése. Izotermák és hőáram görbék fogalma.
11. Hőhídveszteségek számítása, lineáris és pontszerű hőátbocsátási tényező fogalma, jele, mértékegysége, meghatározás módjai. A vonatkoztatási felület jelentősége.
12. Átlagos hőátbocsátási tényező képlete, teljes transzmissziós veszteség képlete.
13. Sajátléptékben mért hőmérséklet fogalma és jelentősége.
14. Elemen belüli és csatlakozási hőhidak fogalma. Hőátbocsátási tényező elemi követelményértékei mit tartalmaznak? Adjon néhány követelmény példát (U érték számok).
15. A dübelkeresztmetszet, -anyag és a pontszerű hőátbocsátási tényező közötti függvénykapcsolat (diagram jellegre helyesen számok nélkül).
16. A külső és a belső oldalon elhelyezett hőszigetelések összehasonlítása energetikai, a hőtároló képesség, állagvédelmi és a szerkezetek várható élettartama szempontjából.
17. Talaj irányú hőáramok számítása (csomóponti ábrán lerajzolni a hőáramokat és az izotermákat jellegre helyesen), mitől függ a veszteség?
18. Háromdimenziós hőáram példák felsorolása.
19. Penészképződés lehetséges okai.

### II. Meteorológia, hőegyensúly, hőfokhíd

1. Éves átlaghőmérséklet, méretezési külső hőmérséklet, sugárzás intenzitás az atmoszféra határán és a földfelszínen (ez mitől függ?), évesvízszintes globálisugárzás jellemző hazai értékei.
2. Hőfokgyakorisági diagram számokkal.
3. Talaj hőmérsékletét befolyásoló tényezők a felszínközeli rétegekben és mélyebben.
4. A talajhőmérséklet éves alakulása a mélység függvényében a felszínközeli rétegekben (diagram).
5. A talajhőmérséklet alakulásának jellege mélyebb rétegekben a mélység függvényében (diagram).
6. Sugárzási alapfogalmak (sugárzási intenzitás, besugárzás, globál sugárzás, diffúz sugárzás, direkt sugárzás, albedó, napfénytartam)

7. A sugárzás intenzitásának tájolás szerinti napi alakulása június, március, december hónapban (diagram).
8. Az éves sugárzási energiahozam százalékos értéke a tájolás és a dőlésszög függvényében.
9. A földi felszínnek hosszuhullámú sugárzása az égbolt felé, a lesugárzás gyakorlati következménye.
10. A napi égbolthőmérséklet alakulása az év során Budapesten (diagram nagyjából reális min.-max. értékekkel).
11. A szél épületenergetikai hatása. Mitől függ a hatás mértéke?
12. A külső levegő jellemző relatív nedvességtartalma (diagram).
13. A városi hősziget és befolyásoló tényezői. Hősziget intenzitás fogalma és jellemző értékei.
14. A belső hőterhelés fogalma, néhány jellemző számérték (ülő ember, aktív ember, néhány gép).
15. Hőegyensúlyi egyenlet és egyes tagok kifejtése (stacioner, instacioner, kondicionált, nem kondicionált).
16. A fűtési idény, a fűtési határhőmérséklet és az egyensúlyi hőmérsékletkülönbség kapcsolata (ábra). Egyensúlyi hőmérsékletkülönbség levezetése.
17. A fűtési hőfokhíd értelmezése (ábra) és számítási módjai.
18. A fűtési határhőmérséklet szerkesztése. Az utólagos hőszigetelés hatásának szerkesztése.
19. A hőfokhíd ábrázolása a hőfokgyakorisági diagramban.
20. A fűtési határhőmérséklet csökkenésének hatása a fűtési idény hosszára, a nettó fűtési igényre és a hőfokhídra (kétféle diagramban).
21. A belső (napi átlagos) hőmérséklet spontán alakulása az év folyamán változatlan és módosított nyári üzemeltetési móddal.

### III. Hősugárzás

1. Egy sémán mutassa be egy kétrétegű üvegezésben lejátszódó hőtranszport folyamatokat (napsugárzás nélkül)!
2. Konvektív hőátvitel két üvegréteg között a töltőgáz anyaga és a résszélesség függvényében (diagram)
3. Sugárzásos hőcserét befolyásoló tényezők két test között.
4. Wien törvénye és jelentősége az üvegházhatás folyamatában.
5. Napsugárzás spektruma és az egyes jellemző sugárzási tartományok bemutatása kitérve az energiahozamok arányára.
6. Napsugárzás és földi testek spektruma és az üveg átteresztőképessége egy diagramban.
7. Opaque és transzparens szerkezet sugárzásos energiamérlege.
8. Kirchoff törvénye és a szelektivitás fogalma (diagram). Alkalmazási példák.
9. Lapostetők sugárzásos leadása és ennek következményei.
10. Üvegezések átteresztő képességének spektrális függése. Vas-oxid tartalom hatása az átteresztési tényezőre.
11. Az össz-sugárzás átbecsítési és fényáteresztési tényező fogalma. Milyen hőtranszport folyamatokat vesznek figyelembe. Milyen értéket vehet fel a  $g$ ? Hogy mérik a  $g$ -t? Értékek jellegzetes esetekre.
12. A beesési szög hatása az átteresztőképességre. (ábra)
13. Sugárzási nyereségek, terhelés, energia számításának különböző esetei, képletek és a tagok magyarázata.
14. Árnyékolási tényező fogalma, figyelembe vétele a nyereségek számításánál, értékei jellegzetes esetekre.

15. Külső és belső árnyékolók összehasonlítása.
16. Árnyékoló és árnyékvető fogalma. Hogyan vesszük figyelembe hatásukat energetikai számítások esetén?
17. Árnyékvetők működése télen és nyáron déli és keleti tájolás esetén.
18. Speciális üvegezések és működésük.
19. Low-e bevonat hatása, helye, szerepe télen és nyáron.
20. Az üvegházhatás jelensége (ábra) és a meghatározó fizikai törvényszerűségek ismertetése.
21. Az üvegházhatás szemléltetése egy napkollektor példáján.
22. A napsugárzás intenzitás napi lefutása júniusban, decemberben, márciusban különböző tájolásokra (diagram).

#### IV. Forma, légcseré, tömeg

1. Instacioner hőegyensúly egyenlete, a tagok magyarázatával.
2. Az instacioner számítások jelentősége: adjon gyakorlati példákat, ahol a stacioner számítás helyett célszerű instacioner számítást alkalmazni.
3. A nagy hőtároló képesség előnyei és hátrányai.
4. A szakaszos fűtés energetikai hatása könnyű és nehéz épületek esetén. Diagramban ábrázolja a megtakarítást.
5. Az aktív hőtároló tömeg fogalma és meghatározásának módja (10 cm-es és hőellenállásos szabály). Melyik módszer a pontosabb? Térjen ki a különböző számítási esetekre (külső fal, belső fal, stb.)
6. Egy helyiség aktív hőtároló tömege (képlet is).
7. A hasznosítási fok fogalma és jelentősége a sugárzási nyereségek számításánál. Ideális és valós eset közti különbség (diagram is).
8. Csillapítás és késleltetés fogalma és jelentősége.
9. A felület-térfogat arány hogyan befolyásolja az épület energiamérlegét?
10. Hogyan függ össze a szükséges szigetelésvastagság és az A/V arány?
11. Hogyan függ össze az épületek geometriai és funkcionális kialakítása és a fűtési, hűtési energiafelhasználás?
12. Milyen tényezőket kell mérlegelni a szellőzési térfogatáramok meghatározása során?
13. Mi a filtráció? Mik az okai, jellemző kialakulási helyei?
14. A szellőzési veszteségek súlya az épületek energiamérlegében (diagram is).
15. Természetes és gépi szellőzési célszerű stratégiai télen és nyáron.
16. Szellőzési térfogatáram és veszteségtényező számítása.
17. Légcsereszám fogalma, meghatározási lehetőségei.
18. Blower door mérés célja, elve, jellemző mérőszáma.

#### V. Hőtermelők hatásfoka

1. Kondenzációs technika lényege, hatásfokra gyakorolt hatása
2. Pillanatnyi kazánhatásfok, készenléti veszteség szerepe
3. Éves kazánhatásfok és teljesítménytényező fogalma, meghatározása szabványos átlaghatásfok módszerrel, alkalmazott egyszerűsítések (képlet és diagram)
4. Különböző típusú kazánok hatásfoka a részterhelés függvényében, a modulációs határ szerepe (diagram)
5. Túlméretezés hatása a szezonális hatásfokra (diagram is)
6. Több kazán együttes alkalmazásának hatásfokra gyakorolt hatása (diagram is)

7. Hőszivattyúk működési elve
8. Hőszivattyúk pillanatnyi és szezonális hatékonysági mutatói
9. A hőszivattyúk teljesítménytényezőjét befolyásoló tényezők (diagramok is), leolvasztás szerepe
10. Bivalens üzemmódok és jelentőségük a hatásfokok alakulásában
11. Az ErP irányelv szerint hogyan számolunk szezonális hatásfokot gázkazánokra (diagram és képlet) és hőszivattyúkra?
12. Mi alapján történik a gázkazánok és hőszivattyúk energia osztályba való sorolása?

## VI. Gazdaságosság

1. Gazdaságossági mutatók számítása számpéldákban (ld. Gyakorlat)
2. Gazdaságossági számításoknál szükséges érzékenységi vizsgálat paraméterei
3. Diszkontráta, reálkamatláb fogalma, képlete
4. Életciklus költségelemzés célja, horizontja (miket veszünk figyelembe), képlete, számítási időszak.
5. Miket kell figyelembe venni a következők meghatározásánál (minden tétel önálló kérdés lehet):
  - a) Kezdeti beruházási költségek
  - b) Energiaköltségek
  - c) Működtetési és karbantartási költségek
  - d) Csereköltségek (élettartam)
  - e) Maradványérték
  - f) Ártalmatlanítás
6. Költségoptimum görbe értelmezése

## VII. Energiahatékony épületburok, passzív szolár technológiák

1. Hőszigetelő anyagok típusai, jellemzőik
2. Hőhídmentes erkélykialakítás lehetőségei
3. Hőszigetelő és hővédő (hőterhelés elleni védelem) üvegezések
4. Abszorpciós és reflexív üveg hőmérlege, alkalmazásuk
5. Speciális üvegezések, fóliák
6. Ablakok energiamérlegét befolyásoló megoldások (távartók, kamrák, keretprofilok, beépítés)
7. Árnyékolók és árnyékvetők közti különbség, számításuk miben tér el?
8. Külső és belső árnyékolók összevetése
9. Déli és keleti ablakok és az árnyékvetők kialakítás közti összefüggés
10. Tömegfal / trombe fal / fázisváltó fal transzparens szigetelés működési esetei (ábrák is), teljesítményüket befolyásoló tényezők
11. Transzparens szigetelés energiamérlege (diagram)

## Épületfizika épületenergetikusoknak - Záróvizsga felkészülést segítő kérdések

### I. Épületszerkezetek

1. Milyen adatokat, szerkezeteket kell ábrázolni egy építészeti alaprajzon?
2. Milyen tervfajtákat ismer, mik az egyes típusoknál a léptékhelyes ábrázolás szabályai?
3. Ismertesse az épületszerkezetekkel szemben támasztott követelményeket.
4. Ismertesse az épületszerkezetek csoportosításának lehetőségeit.
5. Csoportosítsa a külső falszerkezetek kialakításuk szerint, ismertesse a főbb jellemzőiket.
6. Ismertesse az égetett téglafalak fejlődését.
7. Ismertesse a teljes hőszigetelő rendszer fogalmát.
8. Ismertesse az átszellőztetett légréssel ellátott külső falburkolatos hőszigetelt szerkezetek sajátosságait.
9. Ismertesse a belső hőszigetelések előnyeit, hátrányait.
10. Ismertesse a külső hőszigetelések előnyeit, hátrányait.
11. Ismertesse a hőszigetelt ablakok hőátviteli mechanizmusát.
12. Ismertesse a különböző történeti ablaktípusokat.
13. Ismertesse a magastetők fontosabb szerkezeti elemeit, felépítését.
14. Magastetők utólagos hőszigetelésének lehetőségei, előnyök, hátrányok.
15. Milyen típusú födémeket ismer?
16. Ismertesse a lapostetők szerkezeteit, lehetséges felépítését.
17. Ismertesse a hőhidasság szerepét az épületszerkezeteknél.
18. Ismertesse a talajjal érintkező szerkezeteken keresztül történő hőveszteség mechanizmusát.

### II. Hőszükséglet számítás

1. A hőszükséglet számításánál milyen veszteségi illetve nyereségi tagokat veszünk figyelembe, mi ennek az oka?
2. Mi a hőszükséglet számítás célja?
3. A hőszükséglet szabvány milyen kritériumok teljesülése esetén használható?
4. Milyen tagokból áll össze az épület teljes méretezési hőszükséglete?
5. A számítások elvégzéséhez milyen számítási alapadatokra van szükség?
6. Ismertesse milyen tagokból áll össze az épület transzmissziós hővesztesége.
7. Ismertesse az egyszerűsített és a részletes hőhídszámítás alkalmazását, térjen ki a két módszer közötti alapvető különbségekre.
8. Ismertesse az egyszerűsített hőhídszámítás menetét.
9. Ismertesse a szabványban lévő hőmérsékleti korrekciós tagokat, térjen ki arra, hogy miért van rájuk szükség.
10. Ismertesse a talaj irányában fellépő transzmissziós veszteséget befolyásoló tényezőket.
11. Szellőzési veszteség számításánál hogyan határozható meg a szellőzési térfogatáram?
12. Milyen tényezőktől függ az infiltrációs térfogatáram?
13. Ismertesse az  $n_{50}$  értéket, mire használható ez a szabványban?
14. Ismertesse milyen tényezőktől függ a felfűtési kapacitás.
15. Mutassa be egy diagramban szakaszos fűtés esetén a hőmérséklet lefutás és a fűtési teljesítmény időbeli alakulását.

### III. Páratechnika

1. Ismertesse Dalton törvényét és épületfizikában betöltött szerepét.
2. Ismertesse a nedves levegő állapotjellemzőit (definíció, jel, mértékegység).

3. Ismertesse a ps-t diagramot.
4. Ismertesse a Mollier diagramot.
5. Páradiffúziós mutatók (diffúziós ellenállás, gőzárám) definíciója, jel, mértékegység.
6. Többrétegű szerkezet nyomáseloszlásának számítása, nyomásesés diagram értékelése.
7. Rétegtrend kialakítás hatása a nyomás- és hőmérsékleteloszlásra.
8. Méretezési peremfeltételek szerkezeten belüli és belső felületi állagvédelmi méretezéskor.
9. Hőmérséklet- és nyomáseloszlás meghatározása többrétegű szerkezetek esetén ps-t diagramban (számítás is).
10. Átmetsződés esetén módosult nyomásgörbe kiszerkesztése. Lehetőségek a probléma kijavítására (rétegsorrend módosítás, páraszűrő réteg, párazáró réteg).
11. Átmetsződés jelentősége instacioner esetben.
12. Szorpció fogalma, szorpciós izoterma felépítése.
13. Felületi- és kapilláris kondenzáció fogalma.
14. Penészképződés kockázatát befolyásoló tényezők.
15. Töltési idő fogalma, jelentősége, számítási módja.
16. Felületi és kapilláris kondenzáció jelenségének bemutatása ps-t diagramban.
17. Külső relatív nedvességtartalom hőmérsékletfüggése.
18. Helyiség nedvességmérlege (ábra, képlet, tagok magyarázata). Nedvességterhelés okai.
19. Felületi ellenőrzés grafikus módszerrel. Sajátléptékben mért belső felületi hőmérséklet szerepe. Hőhidak szerepe.
20. Összefüggés a belső felületi hőmérséklet, a páratartalom és a szellőző levegő térfogatárama között, grafikus méretezés lehetőségei.

#### IV. Energetikai szabályozás

1. Fogyasztófüggetlenség: miért fontos, hogyan biztosítjuk?
2. Primer energia, végső energia, nettó energiaigény fogalma
3. Fajlagos hőveszteség tényező fogalma, képlet, befolyásoló tényezők
4. Direkt szoláris nyereségek, képlet, befolyásoló tényezők
5. Éves nettó fűtési energiaigény (természetes szellőzés esetén), képlet, befolyásoló tényezők
6. Légcserét befolyásoló tényezők
7. Összesített energetikai jellemző fogalma, képlet, tagok magyarázata
8. A fűtés fajlagos végső és primer energiaigénye, fogalma, befolyásoló tényezők
9. Fűtés üzemeltetési költsége, képlet, tagok magyarázata
10. Energetikai követelményszintek felsorolása, egymásra épülése, főbb esetek (új, jelentős felújítás, nem jelentős felújítás) közti eltérés
11. Szerkezetek elemi követelményszintje, pontosan mire vonatkozik, néhány jellemző érték
12. Fajlagos hőveszteség tényező követelmény diagram jellegre helyesen (számok nélkül)
13. Összesített energetikai jellemző követelmény diagram jellegre helyesen (számok nélkül), közel nulla számokkal
14. Energetikai besorolás elve tanúsítás esetén.