

## Energetikai mérnök MSc képzés, Atomenergetika szakirány záróvizsga tételei

---

A hallgatók egy-egy tételt húznak három tárgycsoportból. Az Energetika tárgycsoportból minden hallgató számára kötelező vizsgázni. A másik két csoportot a diplomatervezési feladatlapon szereplőkkel megegyezően kell kijelölni.

### „Energetika”

#### Tárgycsoport tételei

#### 1. Energiapolitika (Dr. Ósz János)

- 1./ Energiapolitika (policy, politics), területei (szintek, célkitűzések és (ezt megvalósító) feladatok, állami eszközrendszer; infrastruktúra; társadalmi környezet).
- 2./ EU energiapolitika, stratégiai célok. Hazai energiapolitika, stratégiai célok, intézmények.
- 3./ Globális problémák (erőforrás-szűkösség, népességnövekedés, energiafogyasztás, globális felmelegedés, (a sztratoszférikus ózonszint csökkenése)).
- 4./ Fenntartható fejlődés koncepciója (szociális, ökonómiai, ökológiai felelősség), fenntartható energetika (versenyképesség, ellátásbiztonság, környezet- és klímavédelem).
- 5./ Klíma- és környezetvédelem. EU klíma-energia csomag tartalma, tüzelő- és üzemanyagok és a villamos energia fajlagos CO<sub>2</sub>-kibocsátása. A világ és Magyarország CO<sub>2</sub>-kibocsátása. Zéró kibocsátás koncepciója.
- 6./ Energiahatékonyság üzemanyag, hő és villamos energia területén, hazai adatokkal, lehetőségekkel. A hazai hatékonyság-javulást akadályozó tényezők.
- 7./ A megújuló energiaforrások hasznosítása üzemanyag, hő és villamos energia területén, a világon és Magyarországon. A hazai elterjedést akadályozó tényezők.
- 8./ A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés megváltozott tüzelőhő megtakarítása és következményei. A hatékony kapcsolt energiahordozó-termelés koncepciója a világon.
- 9./ A nukleáris energetika szerepe a villamosenergia-termelésben, értékelése és problémái a világon és hazánkban, ill. a társadalmi és szakmai közvéleményben.
- 10./ A szén szerepe, megítélése a villamosenergia-termelésben a világon és hazánkban. Tiszta szén technológiák problémái.
- 11./ Új energetikai technológiák: hidrogén energetika, üzemanyag- és tüzelőanyag-cellák.

#### 2. Energiapiacok (Dr. Gerse Károly)

- 1./ Liberalizáció, értékláncok, versenypiac, szétválasztás, hazai adaptálás, villamos energia és földgáz, mint áru.
- 2./ Villamosenergia-rendszer (VER): UCTE és filozófiája, irányítási hierarchia, szabályozási zónák, blokkok, területek. Hazai átviteli hálózat.



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2



- 3./ VER: Rendszerszintű szolgáltatások, UCTE szabályozási filozófia, primer, szekunder, tercier szabályozási követelmények és tartalék, nagy rendszerek előnye.
- 4./ VER: Napi igényváltozás, havi, évi tartamdiagramok, terheléskövetés. Árrugalmasság. Teljesítőképesség fogalmak, tervek (éves rendszerterv, tartalékigény, maradó teljesítmény, rendelkezésre állás, korlátozás, tartaléktartás).
- 5./ Piacnyitás: standard modell, EU elvárások, hozzáférés a hálózatokhoz, szereplők; szabad átviteli kapacitás. Tulajdonosi szétválasztás: TSO, ISO, ITO. HUB, Energia folyosó, Piaci központ jellemzői. Hozzáférés a határkeresztező kapacitásokhoz.
- 6./ Piac (nagykereskedelmi, viszonteladói), piacra lépés: fogyasztói ár, Piac típusok, jellemzőik, OTC piac és a tőzsde, tőzsde, pool különbözősége, opciós és napon belüli ügyletek. Kettős elszámolás. Ellátásbiztonság az EU szabályozásában, közérdekű szolgáltatás.
- 7./ Árelemek, költségelemek, határköltség; átlagos árak, kapacitásköltségek megtérülése. Piacra lépés, árak, kapacitás lekötés, mint opciós ügylet. Árverés. Piaci árak manipulálhatósága, következmények.
- 8./ Piacok, ügyletek: Határköltség alapú árazás. Mitől függenek az árak? Ipari fogyasztó beszerzése, menetrendadás, kiegyenlítő energia. Piaci erő, jelentős piaci erő Lerner, HHI indexek. Védekezés árváltozásokkal szemben (CfD, TCC ügyletek).
- 9./ Mérlegkör, termelési, fogyasztási menetrend, profilos fogyasztók (háztartási, kisüzleti, vezérelt, közlekedési). Mérlegköri menetrend, kiegyenlítő energia, intelligens hálózat és mérés. Átviteli, elosztó hálózati veszteségek, utasított eltérés.
- 10./ Jövőbeli kapacitások biztosítása: energiapiacok, kapacitáspiacok, társasági és projekt-piaci (merchant plant) finanszírozás. A finanszírozás előfeltételei és kockázatai. Átviteli hálózatok fejlesztése.

Budapest, 2014. december 8.

Dr. Ósz János  
egyetemi docens

**„Termohidraulika: Atomerőművi üzemzavar-elemzések, CFD módszerek és alkalmazások”**

## Tárgycsoport tételei

1. Sorolja föl a mélységi védelem céljait és a megvalósításához alkalmazott fizikai gátakat! Sorolja föl a leggyakoribb üzemzavar-elemzési módszereket és azok jellemzőit! Ismertesse az egyszeres meghibásodás elvét, a legkedvezőtlenebb EM meghatározásának módszerét!
2. Mi a különbség a konzervatív és a BEPU elemzések között? Ismertesse a BEPU elemzéshez használt GRS módszer főbb lépéseit! Sorolja föl a reálisan konzervatív elemzési módszerben figyelembe veendő konzervatív feltételezéseket!
3. Ismertesse az urán-dioxid és a cirkónium ötvözetek főbb tulajdonságait! Milyen méretváltozások történnek a normál üzemelés során? Melyek a hasadási termékek felhalmozódásának következményei? Ismertesse a normál üzem során bekövetkező elsődleges és másodlagos sérüléseket!
4. Ismertesse a kiégett kazetták nedves tárolásával kapcsolatos követelményeket! Mutassa be a pihentető medencében történő hűtőközeg-vesztéses üzemzavar főbb jellemzőit. Melyek a fűtőelem-sérülések főbb jellemzői normál üzemvitel mellett nedves és száraz tárolókban, illetve RIA és LOCA során?
5. Mi a tervezés biztonsági célja, hogyan valósul meg? Melyek a külső és belső veszélyek amelyeket figyelembe kell venni (tevezéskor, biztonsági elemzéskor)? Hogyan valósítható meg a biztonsági cél? Mi tartozik a tervezési alapba? Mit jelent a tervezési alap kockázatorientált meghatározása? Hogyan vezethető le a szűrési valószínűség és szűrési szint?
6. Hogyan történik a létesítmények kockázat alapú kategorizálása? Melyek a főbb veszélyek és hatásaik? Minek van azonnali hatása és milyen veszély az aminek van kifejlődési ideje? (példákkal) Mi a telephelyvizsgálat lényege? Sorolja fel és jellemezze azokat a külső veszélyeket, amelyek a konténment tervezési alapjába tartoznak!
7. Ismertesse a PSA elemzések műszaki és számítási céljait, szintjeit és terjedelmi változatait! Ismertesse a PSA elemzések főbb lépéseit és azok részfeladatait!
8. Ismertesse, hogy atomerőmű esetében milyen típusú változások/változtatások értékelését támogatja a PSA! Ismertesse, hogy milyen döntési területek integrál magába a kockázatszemponitú döntéshozatal módszertana!
9. Anyag-, impulzus- és energia-megmaradási egyenletek, megmaradási egyenletek általános alakja (integrális és differenciális), állapotegyenletek
10. A turbulens áramlások fő jellemzői, azok számításának módszerei (RANS, LES, DNS), turbulenciamodellek fő típusai
11. A véges térfogatok módszer alapjai, differenciasémák (centrális, upwind) és azok tulajdonságai



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2



## 12. Hibaforrások és bizonytalanságok a CFD (Computational Fluid Dynamics) elemzésekben, BPG (Best Practice Guidelines)

Budapest, 2013. május 21.

Dr. Aszódi Attila és Dr. Tóth Sándor



## „Sugárvédelem: Radioaktív hulladékok biztonsága, Radioaktív anyagok terjedése, Atomerőműi kémia”

### Tárgycsoport tételei

1. Mutassa be a radioaktív hulladékok csoportosításának, osztályozásának teljes rendszerét és annak sugárvédelmi alapjait, magyarázatát!
2. Ismertesse a nukleáris energiatermeléssel kapcsolatban keletkező radioaktív hulladék összetevőit, ezek jellemző képviselőit, valamint a minősítés feladatait, problémáit!
3. Ismertesse a radioaktív hulladékok kezelésének műveleti elemeit!
4. Ismertesse a radioaktív hulladékok átmeneti és végleges elhelyezésének módszereit, az elhelyezés megítélésére alkalmas kritériumokat, és néhány gyakorlati megoldást!
5. Ismertesse a homogén vízi közegben végbemenő terjedés leírására alkalmas számítási megoldásokat, a terjedési modellek fő elemeit!
6. Ismertesse a levegőben végbemenő terjedés leírására alkalmas számítási megoldásokat, a terjedési modellek fő elemeit!
7. Mutassa be a heterogén környezeti közegekben (talaj, kőzetek) alkalmazható terjedési számítások sajátosságait!
8. Ismertesse a biológiai rendszerekben végbemenő migrációs folyamatok leírására szolgáló modelleket és azok felhasználását a dóziskonverziós tényezők meghatározására!
9. Radioaktív izotópok keletkezése az atomerőművekben: hasadóanyagok, transzmutációs termékek, hasadási termékek, aktiválási termékek. A fűtőelem-meghibásodások típusai, meghatározásuk módszerei.
10. Az atomerőművekben alkalmazott radioanalitikai módszerek, a primerkörü és a szekunderkörü vízüzem fontosabb jellemzői, vízkezelés.
11. Az atomerőművek szerkezeti anyagainak korróziója, sugártűrése. Kontamináció az atomerőművekben, dekontaminálási eljárások.
12. Radioaktív izotópok kibocsátása az atomerőműből a környezetbe, a kibocsátás ellenőrzése. Atomerőmű hulladékainak kezelése, feldolgozása, vegyszeti ellenőrzés, üzemi és hatósági környezetellenőrzés.

Budapest, 2014. június 4.

Dr. Szalóki Imre

Dr. Zagyvai Péter



## „Reaktorteknika<sup>1</sup>: Reaktorteknika, Atomreaktorok üzemtana”

Tárgycsoport tételei

### Reaktorteknika

1. Milyen követelményeknek kell megfelelniük a reaktorban üzemelő anyagoknak?
2. Melyek a legjellemzőbb károsodási folyamatok és milyen következményekkel járnak?
3. Az urán és a keramikus üzemanyagok legfontosabb tulajdonságai.
4. Sugárzás és anyag kölcsönhatása. Hogyan változtatja meg a gyorsneutron sugárzás a ferrit-perlites acélok mechanikai tulajdonságait?
5. Reaktortartály felügyeleti programja (célja, próbatestek, vizsgálat, értékelés).
6. A reaktortartály megengedett üzemidejének meghatározása (módszer, bizonytalanságok). A bizonytalanságának csökkentésének lehetőségei.
7. Atomerőműben alkalmazott roncsolásmentes vizsgálati módszerek ismertetése. Melyeknek mi a fő alkalmazási területe?

### Atomreaktorok üzemtana

1. Reaktivitás-visszacsatolások üzemvitelre gyakorolt hatása, hőfoktényezők definíciója, jelentősége, ezek függése üzemeltetési paramétereiktől (hőmérsékletek, bórsavkoncentráció stb.)
2. Xenon-mérgezettség időbeli alakulása, hatása a reaktivitástartalékra, reaktorindítás és -leállítás, teljesítmény-változtatás, teljesítményreaktorok térbeli xenonlengése
3. Az üzemelő és a leállított reaktor, mint sugárforrás; neutron- és gamma-sugárzás forrásai; remanens hő
4. Az atomreaktor, mint hőforrás; a reaktorfizikai és hőtechnikai jellemzők közötti kapcsolat, fűtőelem-kötegek közötti, kötegen belüli és axiális hőforrás-eloszlás
5. Hőtechnikai korlátok; aszimmetriák és ezek okai, mérhető mennyiségek, bizonytalanságok
6. Reaktorok szabályozása: szabályozókazetták, differenciális és integrális értékesség, kiégő mérgek szerepe, bórsavas szabályozás
7. Aktívzóna-monitorozás, felügyelet: in- és ex-core detektorok
8. Fűtőelemek üzemi viselkedése; burkolatsérülések, mikor- és makrohibák, detektálás módjai

Budapest, 2014. június 12.

Dr. Czifrus Szabolcs és Dr. Fehér Sándor

<sup>1</sup> **Figyelem!** A tárgycsoport tartalma a képzés kezdésének félévétől függ. A 2012-2013 őszi félévben kezdőknek csak a Reaktorteknika című tárgyból kell vizsgáznunk a képzési tájékoztatójuk szerint!



## Nukleáris Méréstechnika tárgycsoport tételei

### Reaktorok Műszerezése és szabályozása tárgy:

1. Zónán belüli és zónán kívüli neutrondetektorok típusai és jelkezelési kérdései a Paksi Atomerőmű példáján.
2. Ismertesse az atomerőművi primerkörben lévő hőmérséklet méréseket! Az ellenállás hőmérők típusait, a termoelemek típusait, előnyeiket hátrányaikat. A VVER védőcső blokkjának szerepét, a sugárzások okozta felmelegedések hatását.
3. Ismertesse a Paksi Atomerőmű komplex zónamérő és zónadiagnosztikai rendszerei: VERONA és PAZAR, elvek, mérőláncok, feldolgozások, interpretációk
4. Idegentest detektálás a paksi atomerőműben. Akusztikus rendszer, szekvenciális valószínűségi hányados teszt, vizuális monitorozás. Szivárgásellenőrző rendszerek, akusztikus emissziós rendszerek, öregedésvizsgálat
5. Biztonsági filozófiák, a szabályozás alapelemei beleértve a kettő a háromból elvet, valamint a függetlenség elve, a nemzetközileg elfogadott osztályozásokat és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlásai
6. Biztonsági kultúra fogalma, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlásai, a hatósági előírásokat, az ember gép kapcsolatot, az atomerőművi vezénylő kialakításának kérdései.
7. Új atomerőmű típusok és a műszerezettség várható fejlődési trendjei (vezeték nélküli mérőrendszerek, mérőszoftver megbízhatóság-ellenőrzése, kiértékelő és mesterséges intelligenciát használó operator segítő rendszerek)

### Nukleáris módszerek tárgy:

- N1. A radioaktív izotópok forrásai az atomerőművekben: hasadóanyagok, transzmutációs termékek, hasadási termékek, aktiválási termékek. A fűtőelem-meghibásodások típusai, meghatározásuk módszerei. Az atomerőművek radioanalitikai módszerei, a primerköri és a szekunderköri vízüzem fontosabb jellemzői, vízkezelés.
- N2. Az atomerőművek szerkezeti anyagainak korróziója, sugártűrése. Kontamináció az atomerőművekben, dekontaminálási eljárások. Radioaktív izotópok kibocsátása az atomerőműből a környezetbe, a kibocsátás ellenőrzése. Atomerőműi hulladékok kezelése, feldolgozása, vegyszeti ellenőrzés, üzemi és hatósági környezetellenőrzés.
- N3. Röntgenforrások főbb típusai, jellemzőik, alkalmazásaik az anyagok elemi összetétele, szerkezete és kémiai tulajdonságaik vizsgálatában. Nukleáris részecskegyorsító berendezések és működésük, szinkrotronsugárzás előállítása, fizikai tulajdonságai.
- N4. Röntgenoptikai eszközök, röntgenmikroszkópia, totálreflexiós röntgenspektrometria, elektronsugaras mikroanalízis, részecske indukált röntgenfluoreszcencia analízis. A gamma- és röntgenspektrumok szerkezete, kvantitatív kiértékelési módszereik.
- N5. A beavatkozás-mentes műszaki diagnosztika. Fluktuációk elemzésén alapuló módszerek: korrelációs függvények, spektrumok, koherencia-, átviteli- és fázisfüggvények módszertana és alkalmazása reaktorokban és nukleáris mérésekben. Radiográfiai módszerek, izotóp és röntgenátvilágításos anyagvizsgálati módszerek

2014. december 12.

Dr. Pór Gábor