



## Művészetek Palotája épületgépészeti rendszerei

Budapest egyik legújabb kulturális épülete a Művészetek Palotája. Az épület magában foglalja a Ludwig Múzeumot, a Bartók Béla Nemzeti Hangversenytermet és a Fesztivál Színházat. Kevesen tudják azonban, hogy a három épületrész nem csak különböző funkciót lát el, hanem különböző, speciális gépészeti rendszereket is igényel. Az Energetikai Szakkollégium ezért szervezett üzemlátogatást 2012. március 13-ára, hogy ezen gépészeti rendszereket jobban megismerhessük.

Látogatásunk első órájában előadást hallhattunk Virág Zoltántól, aki gépész tervezőként vett részt az épület gépészeti terveinek elkészítésében, illetve pár szót szolt Nagymarosi Gábor is, aki az épület beruházási igazgatója.

Virág Zoltán fontosnak tartotta, hogy virtuálisan bejárjuk az épületet, megismerkedjünk annak részeivel, alap elemeivel, így előkészülve a tényleges körbejárásra. Először a Ludwig Múzeum gépészetéről beszélt, amely egy speciális technológiai tér, így külön kihívást jelentett terveinek elkészítése. Sajnos a tervezéshez nem áll rendelkezésre sem szabvány sem előírás, ezért először a szigorú hőmérsékleti és páratartalmi követelmények miatt valós idejű szimulációkat végeztek. A szimulációk során a kezelt levegő befúvás 10 cm magasságban volt. Ebben a magasságban a hőmérséklet- és páratartalom eloszlás inhomogén, azonban 110 cm magasságban ezek az értékek közel homogének voltak, így a műtárgyknál már a megfelelő értékek állnak be. Az elszívást a 4 m belmagasságú tér mennyezetén lévő réseken valósítják meg. A befúvás és elszívás elhelyezkedéséből adódóan lehetőség van a terek átöblítésére, így nagy légmennyiség esetén tervezési állapotban biztosítható a műtárgyknál az előírt páratartalom és hőmérsékleti érték.

A múzeumi rész után virtuális sétánkat a Bartók Béla Nemzeti Hangversenyteremben folytattuk. Előadónk kiemelte, hogy hazánkban nagyjából 100 éve nem épült egyterű hangversenyterem, így ezen rész tervezése során sem lehetett a hazai szakirodalomra hagyatkozni. Tervezési szempontból három fő részre bontható a terem. Egyik rész a pódium, amelyen

zenészek helyezkednek el. Ebben a zónában hőterhelésként jelentkeznek a zenészek által leadott hő, hiszen ők könnyű fizikai munkát végeznek, illetve a megvilágításból származó hő. Itt a keletkezett hő elviteléről és a szükséges frisslevegőről kell gondoskodni, nemcsak a zenészek, hanem a hangszerek védelme érdekében is. Másik rész a nézőtér, amelyen a nézők nyugalmi állapotában termelt hőjét kell elvinni, illetve a megfelelő frisslevegőt kell biztosítani. Ennek a zónának a klimatizálását egy alatta elhelyezkedő nyomótérből oldják meg. A tervezés során kisminta kísérletet végeztek a berlini egyetemen, ahol a tervezők által megadott szituációkat vizsgálták, az adatokat adott mérési pontokon rögzítették. A kísérletekhez felépítették a terem egynegyedét 1:5-ös méretarányban. Érdekes eredménye a kísérleteknek, hogy ha a felső karzatok üresek, akkor az oda juttatott hidegebb levegő egyszerűen „lefolyik” a korláton és a lent ülők nyakába zúdul, ez jelentős diszkomfort érzetet eredményez. A vizsgálati eredményeket a tervezők értékelték ki és ezek alapján készítették a kiviteli terveket. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Hidrodinamikai Rendszerek Tanszékének segítségével a komfort kritériumoknak való megfelelést vizsgálták. A vizsgálatok során ellenőrizték, hogy a nézőtér megfelel-e a PMV, PPD hőérzeti és DR huzatérzeti kritériumoknak. Ezen kritériumok alapján egy térről eldönthető, hogy nagy valószínűséggel hány elégedett illetve elégedetlen ember lesz benne. Fontos megjegyezni, hogy optimális esetben is legalább 5% lesz az elégedetlenek aránya, mivel az emberek hőérzete szubjektív. Harmadik fontos rész az orgona. Ez a hangszer igényli, hogy a behangolása után állandó hőmérséklet és páratartalom legyen, mivel ha ez nem teljesül, akkor elhangolódik. A probléma akkor jelentkezik, amikor az előadást megelőző behangolást követően az előadásra érkező 2000 ember nagy gradiensű változást okoz a légállapotban, így a hőmérséklet emelkedése a nagy magasságú orgonasípok több centiméteres, hőtágulásból eredő nyúlását eredményezi.

A nemzeti hangversenyterem részeinek megismerése utána a Fesztivál Színházban folytattuk a virtuális sétát. Ez egy konvencionális színházterem, ami azt jelenti, hogy a színpad és a nézőtér fizikailag el van választva egymástól, így a klimatizálása is külön rendszerről történik. A színházterem azonban nem csak az előadó térből áll, hanem irodák, próbatermek és raktárak is tartoznak hozzá.

Virág Zoltán a három egység bemutatása után néhány szót szolt az épület energetikájáról. A Művészetek Palotája esetén nem lehet egyszerű energetikai számításról beszélni, a számításokat a három, előbb már említett részre végezték el. Mindhárom egységben van felület-, radiátoros, fan-coilos, konvektoros fűtés, tehát az összes elképzelhető fűtési megoldást tartalmazza az épület. Számították az épület fűtési és hűtési energiaigényét, ezen felül jelentős még a légtechnikai rendszer energiaigénye is. A fűtési rendszereket távhőről látják el, a hűtési teljesítmény-igényt hűtőgépekkel elégítik ki.

A virtuális séta után Nagymarosi Gábor beszélt az épület hét éves üzemelési tapasztalatáról. Kiemelte, hogy az üzemeltető a tervező és kivitelező produktumával dolgozik, ami nem tökéletes. Az üzemeltetés során olyan helyzetek állhatnak elő, amit nem lehetett előre látni, ilyen például a méretezésinél nagyobb terhelés, illetve nagyobb igények, amely csak nehezen, vagy egyáltalán nem kiszolgálható. Alkalmazkodni kell tehát a „lakók és igények” kettőséhez, amely sokszor kihívásokkal terhelt. Üzemeltetés során biztosítani kell a komfortterekben a megfelelő hőmérsékletet, páratartalmat és légcserét, technológiai terekben pedig az előírásokat. Érdekesség például, hogy a Nemzeti Hangversenytermet az előadás előtt 18-19 °C-ra lehűtik, majd az érkező közel 2000 néző pár perc alatt felfűti 21-22 °C-ra. A Művészetek Palotája esetén a szabályozást egy diszpécserközpontból irányítják a gazdaságosság szempontjait is figyelembe véve. A megfelelő szabályozás mellett szükség van részletes karbantartási tervre, mivel a karbantartásokat úgy kell elvégezni, hogy az épület a funkcióit nem vesztheti el, tehát a terek klimatizálásáról folyamatosan gondoskodni kell.

Az előadások után megkezdtük az épületben a körbejárást. Először megtekintettük a Ludwig Múzeum egyik termét, azon belül is az elrejtett belső gépészeti egységeit, a 10 cm magasságban lévő befűvőkat, illetve a mennyezeten elhelyezett elszívókat. Érdekesség, hogy a tervezés során is már lehetőséget kellett biztosítani arra, hogy ha egy nagyobb csoport érkezik, akkor a jelentkező többlet hő- és nedvességterhelést szakaszolva lehessen elvonni. Ez azt jelenti, hogy a csoport tartózkodási helyén nagyobb légcserét valósítanak meg, az adott terem elhagyása után pedig visszaveszik ezen rész kiszolgáló egységeinek teljesítményét, így csökkentik az energiafogyasztást.

A múzeumi rész után megtekintettük az előcsarnokot, amelynek érdekessége, hogy a mennyezeten lévő nyílások valójában fan-coil egységek befűvő részét takarják el. Az előtér esetében tűzvédelmi szempontból fontos, hogy tűz esetén az előcsarnok füstelszívását gravitációsan biztosítják. Ez azt jelenti, hogy a csarnok felső részében található üvegfelületek tűz esetén nyitva vannak, így a melegebb levegő felfelé tud távozni a térből és természetes cirkuláció indul be.

Az előcsarnok után az egyik pinceszinti gépházát tekintettük meg, amelyben a hangversenyterem légkezelői voltak, illetve láthattuk a nézőtér alatti nyomóteret is, igaz azt csak kívülről. A pinceszinten elhelyezett gépház megtekintése után megtekintettük az épület alatti rugókat, melyeknek minden egyes darabja annyiba kerül, mint egy luxusautó. Ezek a rugók hivatottak a keletkezett rezgések csillapítására. A pinceszintről ezután felmentünk egy felső szintű gépházba is. Ennek a gépháznak érdekessége, hogy látvány gépháznak tervezték, azonban ez a terv nem valósult meg.

A látogatás utolsó állomása a Fesztivál Színház volt, melyben a színpadra vezettek be minket. A színházterem érdekessége, hogy a színpad felett egy színpaddal egyenlő magasságú tér található, ahonnan az egyes színpadi elemeket engedik le és húzzák fel, illetve itt találhatóak a világítási (lámpa) hidak is. A színpad klimatizálását speciális módon kell megoldani, mivel közvetlen klimatizálás nem lehetséges a díszletek miatt, hiszen elrontanák a látványt. Ebben az esetben olyan speciális színházi befűvőket alkalmaznak, amelyek a felső térből hozzák le a levegőt, így biztosítva a frisslevegőt a színészeknek.

Látogatásunk során sajnos nem nyílt lehetőségünk a Nemzeti Hangversenyterem megtekintésére. Ettől függetlenül is nagy élmény volt megtekinteni a Művészetek Palotájának épületgépészeti rendszereit, hiszen olyan speciális terekkel és megoldásokkal találkozunk, amelyet a hétköznapiakban el sem képelnénk. Érdekes volt hallani az épületgépészeti tervezés folyamatáról, részleteiről, látni a tervező mérnökök megoldását egy-egy egyedi problémára. Fontos tehát a magas színvonalú mérnökképzés, hogy a jövő generációi is hasonló kreativitással tudják megoldani a felmerülő problémákat.

**Horváth Miklós**

**Energetikai Szakkollégium tagja**