

A Budapesti Műszaki Egyetem  
Doktori téziszfüzetei

Gépészmérnöki Kar Doktori Tanácsa

Írta:  
Halász Györgyné

Okleveles gépészmérnök

TÁVHŐELLÁTÓ RENDSZEREK MATEMATIKAI MODELLEZÉSE,  
KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A FŰTÉSI FOGYASZTÓI RENDSZEREK  
OPTIMÁLIS SZABÁLYOZÁSÁRA

című témakörből, amellyel a Ph.D. fokozat megszerzésére pályázik

Budapest, 2001. március

---

## Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés, a téma rövid összefoglalása, célkitűzések.....</b>	<b>3</b>
<b>2. A vonatkozó szakirodalom, a saját kutatás viszonya a nemzetközi és hazai kutatásokhoz .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Az alkalmazott módszerek elvégzett számítások .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Új tudományos eredmények, tézisek.....</b>	<b>7</b>
1.Tézis .....	7
2.Tézis .....	7
3.Tézis .....	8
4.Tézis .....	9
5.Tézis .....	10
6.Tézis .....	11
7. Tézis .....	11
8. Tézis .....	11
9.Tézis .....	12
<b>5. A témakörhöz tartozó publikációk .....</b>	<b>13</b>

## 1. Bevezetés, a téma rövid összefoglalása, célkitűzések

Jelenünk és jövőnk gondjainak megoldása, a következő generáció jövője iránt érzett felelősség elkerülhetetlenné teszi, hogy egyre mélyebben és behatóbban foglalkozunk az energia-ellátás helyzetével. Kelet- és Közép-Európa országaiban a közelmúlt társadalmi és gazdasági változásai még élesebben vetik fel az energiagazdálkodással kapcsolatos kérdéseket. Az új évezred küszöbén fokozottabb igény van a hosszú távú és fenntartható fejlődést biztosító megoldásokra. Az egyik ilyen megoldás lehet az energia-felhasználás hatékonyságának javítása. Az energiaellátással és a felhasználás hatékonyságának javításával foglalkozó kérdések között fontos szerepük van a távhőellátás helyzetére, jelenére és jövőjére vonatkozó kérdéseknek mindazokban az országokban, ahol az energiaellátásban a távhőellátásnak lényeges a helye, szerepe.

A nagy tökeigényű, már kiépült távhőrendszerek felszámolása, ellehetetlenítése nem lehet cél. Ahhoz azonban, hogy a távhőszolgáltatás meg tudja felelni a kor piaci, műszaki és környezetvédelmi követelményeinek, a rendszer teljes vertikumát átfogóan kell vizsgálni és elemezni, majd végrehajtani a szükséges felújítást, rekonstrukciót, módosításokat, elvégezni akár új beruházásokat is. A távhőszolgáltatásban végrehajtott bármilyen fejlesztés legfontosabb célja a gazdaságosság javítása a fogyasztói igény meghatározott szinten és biztonsággal történő kielégítése mellett.

A távhőellátás számtalan, egymáshoz kapcsolódó elem komplex rendszere, technológiai folyamata igen összetett. A távhőellátásban a hőenergia bonyolult termodinamikai folyamat útján jut el a fogyasztóhoz. Ebben a bonyolult rendszerben a gazdaságosság növelésének lehetőségeit alapvetően négy csoportba sorolhatjuk:

- az energiatermelés hatékonyságának növelése ( kapcsolt villamosenergia-termelés, a tüzeléstechnikai folyamatok javítása, a szorpciós technika alkalmazása,...)
- az energia-felhasználás hatékonyságának javítása ( hármas energiakapcsolású, trigenerációs rendszer kiépítése, a megtermelt hő szállítási veszteségeinek csökkentése a keringtetési munka- és hővesztés csökkentésével, minimális fűtési energiájú épületek tervezése és építése illetve a meglévők energiatudatos felújítása speciális építészeti, épületszerkezeti eszközök alkalmazásával, az üzemeltetési paraméterek optimalizálása,...)
- az energiatudatos fogyasztói magatartás kialakítása (a fogyasztó mindig az igényeinek megfelelően fogyasszon energiát ), az ehhez szükséges feltételek megteremtésével.
- szervezési és intézményi változtatások bevezetése

A felsorolt lehetőségek közül kiemelt fontosságú a hőtermelés költségeinek csökkentése, mivel gazdaságossági számításokkal alátámasztható, hogy a megtérülési mutatók e területen igen kedvezőek. Jelentős mértékű energia megtakarításával jár a távhőellátásra kapcsolt épületek utólagos hőszigetelése és nyílászáróinak cseréje, azonban a megtérülési mutatók kedvezőtlenebbek, mint a hőtermelés-oldali beavatkozással. Mindkét esetben a megvalósítás jelentős tőkét igényel. Szervezési és intézményi változtatásokkal, a fogyasztók takarékoskodásban való érdekeltségének megteremtésével, az üzemeltetési

paraméterek optimalizálásával lehetőség van lényeges beruházás nélkül is a hőszolgáltatás hatékonyságának javítására.

A célom az volt - a felhalmozott elméleti tudást és az elmúlt évtizedek technikai fejlődésének eredményeit felhasználva -, hogy:

- megfelelő módszert találjak a távhőellátó rendszer, mint egy igen bonyolult komplex rendszer vizsgálatára,
- a komplex rendszer legutolsó elemét, a fogyasztói rendszert nagytító alá véve keressem, és megtaláljam azokat a lehetőségeket, amelyek lényeges beruházás nélkül javítják a hőszolgáltatás hatékonyságát,
- megfogalmazom a megváltozott fogyasztói szokások, igények és piaci feltételek mellett a fűtési fogyasztói rendszerek irányítási és szabályozási célját.

*Értekezésemben elsősorban a forróvíz közegű távhálózatra kapcsolt fűtési fogyasztói rendszerek üzemviteli kérdéseivel, optimális szabályozási modell felállításával, a különböző állandósult üzemállapotokban az optimális üzemeltetési paraméterek meghatározásával foglalkozom. A cél a külső hőmérséklet és egyéb más tényezők függvényében változó, valószínűségi jellegű fogyasztói igények kielégítése, előírt megbízhatósággal és a lehető legkisebb üzemeltetési költséggel.*

A távhőellátás rövid történetének áttekintését követően képet adtam arról, hogy:

- a távhőellátásnak milyen súlya, szerepe van a hőellátásban néhány európai országban, köztük Magyarországon,
- egy távhőellátó rendszer hogyan épül fel,
- melyek a magyar távhőellátás jellemzői,
- melyek azok a legfontosabb törekvések, amelyek a távhőellátás jövőjét biztosítják.

Az értekezésben megfogalmaztam:

- egy többfokozatú műszaki gazdasági döntési feladat megoldásának módját,
- az optimális üzemirányítási modell megalkotásának folyamatát,
- a távhőellátásra kapcsolt fűtési fogyasztói rendszer irányítási- illetve szabályozási célját átalánydíjas és fogyasztásarányos elszámolás esetén, felhasználva a valószínűségszámítás és a matematikai statisztika ismert törvényszerűségeit és az 1999-ben általam Nyíregyházán végzett mérési sorozat eredményeit.

Értekezésemben a fogyasztói rendszer optimális irányítási és gazdasági célfüggvényének megalkotását megelőzi:

- a rendszer egyes elemei közötti kapcsolat feltárása, az egyes elemek ki- és bemenő jellemzői közötti függvénykapcsolat felírása, a rendszer egyes elemeinek hőátviteli és áramlástechnikai tulajdonságait felelevenítve,
- az ismert alapvető összefüggések segítségével termikus és hidraulikus modellek felállítása,

- a fűtőtestek, fűtött helyiségek termikus analízise, a helyi szabályozás korlátainak és a különböző zavarásoknak az irányított jellemzőre gyakorolt hatásának vizsgálata.

Az optimális üzemeltetési paraméterek meghatározása az ennek keresésére megalkotott irányítási, gazdasági célfüggvény vizsgálata alapján történt, amelyet már a valóságos egy- és kétsőves fűtési rendszerek konkrét paramétereinek ismeretében, a számított optimális üzemi paraméterek ( fűtőközeg-hőmérséklet, térfogatáram ) ellenőrzése követ.

A fűtőközeg üzemeltetési paraméterein túl az üzemeltetési költséget jelentős mértékben a fogyasztott hőmennyiség befolyásolja, amelynek nagysága számtalan tényezőtől függ, többek között az épület geometriai és épületfizikai jellemzőitől, a térbeli és időbeli fűtési korlátozástól. Mindezekkel a kérdésekkel számos szakirodalom foglalkozik, mindegyik önálló dolgozat témája is lehetne. Ezek közül az egyik, mely eddig kevésbé ismert és elemzett, a térbeli fűtési korlátozás, értekezésemet ennek vizsgálatával zárom.

## **2. A vonatkozó szakirodalom, a saját kutatás viszonya a nemzetközi és hazai kutatásokhoz**

A munkám során elsősorban a kibernetika - mint a természetes és mesterséges rendszerekben történő irányítás- és információfeldolgozás - tudományterületén megszületett szakirodalmak tanulmányozására törekedtem. A rendszerelméletben, az irányításelméletben, az operációkutatásban megjelent szakkönyvek, mindenek előtt a módszertani írások segítettek a kitűzött cél elérésében.

A matematikai modell előállítására alapvetően két lehetősége kínálkozik. Előállíthatjuk a modellt a természettudományokban megismert törvényszerűségek felhasználásával, illetve mérések, kísérletek adataiból. A dolgozatban szereplő hidraulikai, termikus és gazdasági modellek felállítása elsősorban a természettudományokban megismert törvényszerűségek felhasználásával történt. A valóságot közelítő, egyszerűsített, stacioner állapotra felírt modellek megfogalmazásánál az alaptudományokban megszületett szakirodalmak felhasználására volt szükség. Ezen a területen kellő számú hazai és külföldi szakirodalom állt rendelkezésemre.

Sokkal kisebb volt azonban azoknak a hazai publikációknak a száma, amelyek hasonló mélységgel, szemléletmóddal, eszköztárral vizsgálták a távfűtésre kapcsolt fűtési rendszereket, azok üzemeltetési kérdéseit.

A térbeli fűtési korlátozás optimalizációjával sem a külföldi, sem a hazai szakirodalomban nem találkoztam.

## **3. Az alkalmazott módszerek, elvégzett számítások**

Az értekezés készítése során alkalmazott vizsgálati módszer lényege az egyes részrendszerek elemzése, azok viselkedésének minél jobb megismerése, s az így vizsgált részekből, azok összeillesztésével az egész rendszerre vonatkozó következtetések levonása. Ez a megközelítés az elmúlt időkben sokáig a tudományos megismerés eredményes elve volt.

A századvég tudományfilozófiájának nagy kérdése viszont, hogy a fent vázolt – redukcionista névezett - irányzat és módszer annyira eredményes-e, mint ahogyan azt eddig hittük. Előtérbe kerül az elmúlt időben a redukcionizmus kétségtelenül nagyszerű eredményei mellett – néha pedig annak felismert korlátjai miatt - a holisztikus megközelítés, ami szerint az egész több, mint a részek összessége, annak megértéséhez nem elég az alkotóelemek alapos, mindenre kiterjedő megismerése, vannak olyan tulajdonságok, melyek csak a rendszert, mint egészet vizsgálva elemezhetőek eredményesen. A gótikus katedrális több, mint az építőkövek összessége, egy új, más minőséget hordoz, eszmei tartalmat például, aminek megfejtéséhez hiába tudjuk minden kővének geometriáját, azok térbeli elhelyezkedését, a gravitáció törvényeit, ez az egész megértéséhez kevés.

A részek megismerésének fontosságát nem tagadva tehát, az értekezésemben elemzett folyamatok eredményeit egy összetett, bonyolult, konkrét, teljes távhőellátó rendszer vizsgálatakor eredményesen lehet felhasználni, ugyanakkor annak az egész rendszerre vonatkozó „személyes” tulajdonságait is vizsgálni kell majd, az összkép így lesz teljes.

Egy másik, szintén filozófiai jellegű probléma az optimum kérdése. Az optimum nem önmagában értelmezhető, a folyamatokat egymásba ágyazott koncentrikus köröknél elképzelve például, s egyre tágabb szintekre jutva, az optimumok is egyre másabbak lehetnek, ami optimális például egy városi távhőellátó rendszer szempontjából, az országos szinten nem biztos, hogy megfelelő, nem beszélve például az egész Földet tekintve. Ugyancsak hatással van az optimumra az idő, mely a korábbi optimumainkat könyörtelenül megsemmisíti, kikényszerítve azok állandó felülvizsgálatát. Az optimum tehát mindig egy állandóan változó rendszer része, s ahogy időben és mélységben haladunk, egyre újabb és újabb „titkait” tárja fel előttünk.

A megalkotott modellek vizsgálatánál, az optimalizációs feladatok megoldásánál a szoftver-piacon megjelent, alább felsorolt programcsomagokat alkalmaztam:

- a térbeli fűtés-korlátozás optimalizálásánál, mely egy vegyes lineáris programozási feladat volt, a Debreceni Egyetem Matematikai Tanszék birtokában lévő, branch-and-bound módszert alkalmazó, MPL nevű programcsomagot használtam, annak Student Edition 4.1 verzióját, amely maximum 300 feltétellel és 500 változóval tud dolgozni.
- a hidraulikai és termikus modellek vizsgálatát a Bausoft Komplex, Fűtési rendszer hőtechnikai és hidraulikai programjával végeztem, kiegészítve a Microsoft Excel rutinjaival.
- a célfüggvény elemzése ugyancsak a Microsoft Excel rutinjainak felhasználásával történt. A Microsoft Excel Solver az Általános Redukált Gradiens (GRG2) nemlineáris optimalizálási eljárást használja.

Téziseim megalkotásához méréseket, hőtechnikai, hidraulikai, illetve optimalizációs számításokat végeztem, az említett programok segítségével.

A mérést 1999 novemberében végeztem, Nyíregyházán, az Örökösöldi lakótelep 10 szintes, paneles épületének lakásaiban. A 17 lakásban méréses mintavétellel 13600 db helyiség-hőmérséklet értéket kaptam.

Munkám során támaszkodtam:

- a kibernetika tudományának elméleti alapjaira, az automatikaelméletre, az információelméletre, a rendszerelméletre, az irányításelméletre, a játékelméletre, a döntéselméletre és operációkutatásra valamint az arra épülő módszerekre,
- a hő-és áramlástan elméleti törvényszerűségeire,
- az alapvető fűtés- és távfűtéstechnika elméletre,
- a matematika tudományára, a valószínűségszámítás eredményeire, és a matematikai statisztika módszereire.

#### 4. Új tudományos eredmények, tézisek

##### 1. Tézis

***Kiválasztottam az optimális üzemirányítási modell megalkotásához általam legjobbnak tartott módszert. Ennek ismeretében és birtokában az értekezésemben felállítottam az optimális üzemirányítási modell megalkotásának folyamatábráját (Értekezés 3.2. ábra), amelyet a kitűzött cél elérésének érdekében a konkrét feladatra alkalmaztam.***

A távhőellátó rendszer üzemének optimalása többfokozatú műszaki-gazdasági döntési feladat. A többfokozatú döntési problémák megoldásának módja a dinamikus programozás, ez a legkülönbözőbb matematikai feladatok megoldásánál alkalmazható elv, amely az egymás utáni fokozatok függvényegyenleteinek rekurzív kapcsolatait hasznosítja. Ez az eljárás először az időrendben utolsó fokozati döntést optimalja a megelőző állapot függvényében, majd így következtet visszafelé a korábbi optimális fokozati döntésekre, egészen az első döntésig.

##### 2. Tézis

***Megfogalmaztam több különböző lehetséges szolgáltatói filozófiát a valószínűségszámítás törvényszerűségeinek segítségével, fogyasztásarányos elszámolás esetére.***

A távhálózatra kapcsolt fogyasztásarányos elszámolású épület fűtési rendszerére vonatkozó szabályozási cél megfogalmazása eddig az épületgépészetben még csak érintőlegesen alkalmazott valószínűségszámítási és az eddig egyáltalán nem alkalmazott matematikai statisztikai elvek, összefüggések alapján történt.

$$A, \quad P(\xi(t_a, \tau, \dots) \geq 20C^0) \geq 0,99 \quad (2/1)$$

Ez azt jelenti, hogy 99%-nál nagyobb kell, hogy legyen a valószínűsége annak, hogy a helyiségekben a hőmérséklet,  $t_i \geq 20^\circ\text{C}$ .

$$B, \quad P(\xi(t_a, \tau, \dots) \geq 24C^0) = 0,9 \quad (2/2)$$

Ami azt jelenti, hogy a hőszolgáltatónak a rendszert olyan paraméterekkel kell működtetni, hogy minden helyiségben, minden időpillanatban  $24^\circ\text{C}$ -nál nem kisebb helyiség-hőmérsékletet tudjon biztosítani, 95 %-os biztonsággal.

$$C, \quad P(t_{i1} \langle \xi(t_a, \tau, \dots) \rangle t_{i2}) = 0,95 \quad (2/3)$$

A matematikai formula jelentése: a változó, valószínűségi jellegű fogyasztói igény egy meghatározott, előírt megbízhatósággal történő kielégítése úgy, hogy a helyiségekben a kívánt hőmérsékletek értéke 95%-os biztonsággal egy megadott intervallumba essen.

$$D, \quad P(t_{i1} \langle m \rangle t_{i2}) = 0,95 \quad (2/4)$$

A változó, valószínűségi jellegű fogyasztói igény egy meghatározott, előírt megbízhatósággal történő kielégítése úgy, hogy a helyiségekben a kívánt hőmérsékletek várható értéke 95%-os biztonsággal egy megadott intervallumba essen, ahol  $m$  nem más, mint a helyiségek hőmérsékletének várható értéke,  $t_{i1}$  és  $t_{i2}$  az intervallum alsó és felső határa.

Ott, ahol az energia költségelszámolása fogyasztásarányosan történik, és a lakó beavatkozhat a rendszerbe, vagyis a radiátoroknál termosztatikus szelepek kerülnek felszerelésre, a hőszolgáltató feladata, hogy megteremtse a fogyasztó tetszőleges és változó igényei kielégítésének lehetőségét.

A fogyasztásarányos elszámolás feltételeinek kiépítése jelenleg folyamatban van. A Távhőellátásról szóló törvény értelmében 2003-ra valamennyi fogyasztó mérés szerinti elszámolása kötelező lesz. Az így kialakult új helyzetben meg kell fogalmazódnia, hogy a hőszolgáltató milyen kötelezettséget vállal a fogyasztóval szemben, többek között annak is, hogy mi a kitűzött szabályozási cél.

### 3. Tézis

***A mérési eredményeim birtokában, a matematikai statisztikai módszerek alkalmazásával bizonyítottam, hogy a hőszolgáltatónak célszerű a D pontban megfogalmazott irányítási célt vállalni.***

A matematikai statisztika eszközeivel határoztam meg azt a konfidencia intervallumot, amely 95%-os valószínűséggel tartalmazza az ismeretlen jellemzőt, a sokasági várható értéket, esetünkben a belső hőmérséklet várható értékét.

Abban az esetben, ha kiinduló adatnak tekintjük a hőmérséklet-mérési adatokból számított várható érték intervallumának felső határát, és azt mondjuk, valamennyi, hasonló, paneles épület nappali helyiség-hőmérséklet várható értéke és szórása a mérési adatok és a matematikai statisztika segítségével meghatározott alábbi érték:

$$m = 22,84^\circ C$$

$$\sigma = 1,127$$

akkor a *C pontban* megfogalmazott hőszolgáltatói filozófia értelmében:

$$\text{az intervallum alsó határa } t_{i1} = m - 1,96 \cdot \sigma = 20,63^\circ C$$

$$\text{az intervallum felső határa } t_{i2} = m + 1,96 \cdot \sigma = 25^\circ C$$



A fogyasztással arányos elszámolású, termosztatikus szelepekkel ellátott épületekben üzletpolitikai érdeke a hőszolgáltatónak, hogy olyan paraméterekkel üzemeltesse a rendszert, mely akár a 24 C° helyiség-hőmérsékleti igényt is ki tudja elégíteni. Ez a hőmérsékleti igény azonban nem jelentkezik minden lakásban egyidejűleg. A mérési eredmények azt mutatják, hogy a helyiség-hőmérsékletek várható értéke 95 %-os megbízhatósággal egy igen szűk tartományba ( 22,7 - 22,85 C° ) esik. A szűk tartomány oka a mérések nagy számában és abban keresendő, hogy tulajdonképpen a helyiség-hőmérsékletek várható értékéről van szó. Ha a rendszert erre méretezett paraméterekkel működtetik, ez alkalmas lesz az egyidejűleg jelentkező különböző igények kielégítésére, s „fedezetet” biztosít arra az esetre is, ha a lakók egy szűk csoportja ( mintegy 10-15 %-a ) alkalmanként 24 C°-ot, illetve ennél nagyobb hőfokot igényel.

#### 4. Tézis

*Az általam bevezetett, a 3. Tézisben bemutatott módszer az épület hőigényének meghatározására is alkalmas, oly módon, hogy abban az esetben, ha egy épület hőfogyasztására vonatkozóan megfelelő mennyiségű mérési adat áll rendelkezésünkre hasonlóképpen járhatunk el, mint a helyiség-hőmérsékletek vizsgálatánál. Az épület hőfogyasztására vonatkozó mért adatok birtokában becsülhetjük azt az intervallumot, amely a sokasági jellemző  $\dot{Q}$  várható értékét adott megbízhatósággal tartalmazza. A kapott értékek más, hasonló típusú épületekről is számszerű képet adnak. Az üzemeltetési paraméterek meghatározásánál, adott külső hőmérsékletnél, a mért értékek alapján becsült várható érték konfidencia intervallumának felső határát tekinthetjük kiinduló adatként valamennyi hasonló paneles lakóépületnél.*

Egy épület fűtési hőigénye valószínűségi változó, számos olyan tényezőtől függ, mely szintén valószínűségi változó. Ezek közül a legfontosabbak:

- az épülethatároló szerkezetek épületfizikai jellemzőitől (a határoló szerkezet hőátaroló képességétől, a hőátbocsátási tényezőjétől), a nyílászárók légáteresztő képességétől, illetve az épületbe belépő friss levegő tömegáramától,
- a belső hőnyereség mértékétől,
- a fogyasztói szokásoktól, hogy a fogyasztó alkalmaz-e térbeli és időbeli fűtéskorlátozást, hogy a fogyasztó által tartott helyiség-hőmérséklet eltér-e a tervezettől, illetve az előírt értéktől milyen mértékű az eltérés,
- az alkalmazott szabályozás „jósági” fokától, hogy vajon mekkora a kívánt és beállított hőmérséklet közötti eltérés.

A hőigény tehát különböző valószínűségi változók szorzataként, illetve összegeként fogható fel. Ha tapasztalataink alapján becslést tudunk adni a (k), (n), (t<sub>i</sub>), illetve a külső-belső hőnyereség szórására és várható értékére, akkor a valószínűségi változók szorzatának és összegének várható értéke és szórása is számítható.

Az egész épület hőigényét tehát tekintjük olyan valószínűségi változónak, amely felfogható az egyes lakások hőigényének, mint nagyszámú, egymástól független valószínűségi változóknak az összegeként. Az épület hőigénye, mint valószínűségi változó, normális eloszlást követ. Ez, a centrális határeloszlás-tétel értelmében akkor is igaz, ha az egyes lakások hőigénye nem normális eloszlásfüggvénnyel rendelkezik.

## 5. Tézis

**Felírtam a fogyasztói rendszerre azt az irányítási és gazdasági célfüggvényt, amelynek vizsgálata az optimális üzemeltetési paraméterek meghatározását eredményezte.**

A fűtőközeg paramétereinek optimális menetrendjét az értekezés 6.17/2, 6.18/2, 6.19 és 6.20-as ábrái szemléltetik.

A fogyasztói rendszer üzemeltetési költségét:

- a fogyasztói hőigény,
- a hálózat hővesztesége,
- a keringtetés teljesítménye

határozzák meg. A befektetett keringtetési munka az energia-disszipáció következtében a fűtőközeget melegíti. Mindezeket figyelembe véve egy adott időpillanatra, állandósult állapotot feltételezve, a célfüggvény a következő alakban írható fel:

$$K_{\Sigma} = k_{h\ddot{o}} \cdot [\dot{Q}_{fo} + \dot{Q}_{cs\ddot{o}} - \dot{V}_s \cdot \Delta p_s] + k_{vill} \cdot \dot{V}_s \cdot \Delta p_s \quad (5/1)$$

ahol

- $k_{h\ddot{o}}$  a hőenergia fajlagos költsége  
 $\dot{Q}_{fo}$  fogyasztói hőigény  
 $\dot{V}_s$  szekunder közeg térfogatárama  
 $\dot{V}_s \Delta p_s$  szivattyúzási teljesítmény,  $\eta_{sziv} = 100\%$ -os szivattyú hatásfok esetén  
 $k_{vill}$  villamos energia fajlagos költsége  
 $\dot{Q}_{cs\ddot{o}}$  szekunder oldali hőveszteség

$$\frac{K_{\Sigma}}{k_{h\ddot{o}} \cdot \dot{Q}_o} = \varphi + \frac{\varphi}{M} \cdot k_1 \cdot \frac{I}{\frac{\varphi^{1-\frac{1}{1+m}} \cdot k_2}{e^M} - 1} + \frac{\varphi}{M} \cdot k_3 + k_4 - k_5 \cdot t_{k\ddot{o}} + \frac{k_{vill} - k_{h\ddot{o}}}{k_{h\ddot{o}}} \cdot k_6 \cdot M^3 \quad (5/2)$$

ahol

$$k_6 = \frac{R_H \cdot \dot{m}_o^3}{\dot{Q}_o \rho^3}$$

$$\varphi = \frac{\dot{Q}_{fo}}{\dot{Q}_o}$$

$$M = \frac{\dot{m}}{\dot{m}_o}$$

$$k_3 = \frac{I}{c \cdot \dot{m}_o \cdot R_{te}}$$

$\dot{Q}_o$  méretezési állapotban a hőigény

$\dot{m}_o$  méretezési állapotban a tömegáram

$R_{tv}$  a visszatérő csővezeték hőellenállása

$$k_1 = \frac{I}{c \dot{m}_o} \cdot \left( \frac{I}{R_{te}} + \frac{I}{R_{tv}} \right)$$

$$k_2 = \frac{\dot{Q}_o^{1-\frac{1}{1+m}} \cdot (k \cdot A)_{rad}^{1+m}}{c \cdot \dot{m}_o}$$

$$k_4 = \left( \frac{I}{R_{tv}} + \frac{I}{R_{te}} \right) \cdot \frac{t_i}{\dot{Q}_o}$$

$$k_5 \cdot t_{k\ddot{o}} = \left( \frac{I}{R_{tv}} + \frac{I}{R_{te}} \right) \cdot \frac{t_{k\ddot{o}}}{\dot{Q}_o}$$

$R_H$  a rendszer hidraulikai ellenállástényezője

$R_{te}$  az előremenő csővezeték hőellenállása

$t_{k\ddot{o}}$  környezeti hőmérséklet

$\dot{Q}_{f0}$  fogyasztó pillanatnyi hőigénye                       $\dot{m}$  pillanatnyi tömegáram  
 $m$  hőleadó szerkezetétől függő hőátbocsátási kitevő

### 6. Tézis

*A felépített hőtechnikai és hidraulikai modellekkel végzett számításokkal bizonyítottam: A termostatikus szelepekkel működtetett kétcsöves fűtési rendszert csak akkor tudjuk a célfüggvény segítségével meghatározott, a mindenkori pillanatnyi optimális üzemeltetési paraméterekkel működtetni, ha a fűtési hőigény csak a külső hőmérséklet változásának következtében változik, és ha a külső hőmérséklet függvényében nem csak az előremenő víz hőfokát, de a közeg tömegáramát is változtatjuk. Abban az esetben, ha a hőigény a külső hőmérséklet állandósága mellett változik az optimális közegparamétereket csak megközelíthetjük, és ehhez a szivattyú-szabályozást hívhatjuk segítségül. A külső hőmérséklet állandósága mellett nem célszerű az előremenő víz hőmérsékletének változtatásával követni a valószínűségi jellegű változót, a hőigényt, sem az egy, sem a kétcsöves fűtési rendszerénél.*

A részleteket az értekezés tartalmazza.

### 7. Tézis

*Egycsöves, átkötőszakaszos fűtési rendszerre felépített hőtechnikai és hidraulikai modellekkel végzett számításokkal bizonyítottam:*

*Egycsöves, átkötőszakaszos, termostatikus szelepekkel ellátott fűtési rendszerben van értelme adott állandó külső hőmérsékletnél létrejövő hőigény-változást a fűtőközeg térfogatáramának változtatásával követni, figyelembe véve azt is, hogy a tömegáram-változás a különböző szinten lévő radiátorok teljesítményére gyakorolt hatása más és más, és hogy nem minden radiátornál indokolt a térfogatáram-csökkentés.*

A részleteket az értekezés tartalmazza.

### 8. Tézis

*Bizonyítottam, hogy adott peremfeltételek mellett létezik olyan térbeli fűtésekorlátozási konfiguráció, mely az épület energiafelhasználási minimumát eredményezi.*

Ezt a tényt tudatosan kihasználhatja egy közösség. Az eddig csak műszaki módszerekkel vizsgált, független egységként kezelt lakások esetében lehet és érdemes azok lakóinak az energiafelhasználás minimumának elérése érdekében „szövetkezni”, kooperálni.

A megfogalmazott tézis általánosítható, máshol, más gazdasági és egyéb körülmények mellett is alkalmazható, nem távhőellátó rendszerről ellátott, egyéb funkciójú épületek esetében is érvényes.

Abban az esetben, ha a vizsgált épület bérlakóház, vagy bér-irodaház, panzió vagy szálloda, a bérbeadó vagy tulajdonos nem csak az időbeli, de a térbeli fűtésekorlátozással is energiát takaríthat meg, és ennek értéke függ attól, hogy a már bérelt és még nem bérelt lakásoknak, irodahelyiségeknek, illetve a kiadott és még ki nem adott szobáknak milyen a konfigurációja, hogyan helyezkednek el azok egymáshoz képest. Ez tulajdonképpen

független attól, hogy az épületet egyedi kazánházzal fűtjük, vagy távhőellátásra kapcsoljuk.

A modell felépítése a disszertációban tanulmányozható.

### **9.Tézis**

*a, Bizonyítottam, hogy a veszteségtényezők módosításával, csökkentésével, vagyis egy építészeti rekonstrukcióval, utólagos hőszigeteléssel, ablakcserével, a térbeli fűtéskorlátozás optimumát adó konfigurációk nem változnak. A különböző variációknál felhasznált éves fűtési energiák aránya számottevően nem változott a rekonstrukció előtti épületre kapott energiaarányokhoz képest.*

*b, Bizonyítottam, hogy a szintek számának növelése esetén a térbeli fűtéskorlátozás hatás a fogyasztás arányait illetően nem vezet változásra, a megtakarítás mértéke csökken, vagyis az optimális konfiguráció a szintszám változásától független, csupán a megtakarítás mértéke kisebb, ha a szintszám nagyobb.*

## 5. A témakörhöz tartozó publikációk

- [1] H. Müller - Halász Gyné.: Zum Einsatz der Sorptionstechnik beim Heizen und Kühlen. HLH Heizung Klima und Haustechnik Bd. 49Nr. 12 Dezden,1998.
- [2] Halász Gyné - Kónya T. - Csiha A.: Nyíregyháza város távhőellátása, kapcsolata más energiarendszerekkel. A jelen és a lehetséges jövőképek. 13. Fűtés és Légtechnikai Konferencia, Budapest, 1997
- [3] Garbai L. - Szántó Z. - Halász Gyné.: Optimal operational parameters of district heating systems,GÉPÉSZET 2000 Poceedings of second conference on mechanical engineering, volume p.1 73. Budapest, 2000.
- [4] Halász Gyné.: The possibilites for modelling the Hungarian disrict heating systems. District Heating and Cooling Simulation, Reykjavik, 1997.
- [5] Homonnay Gyné - Csiha A. - Szilágyi S. - Halász Gyné.: A Fényes udvari lakótelep távfűtéses épületeinek fűtése korszerűsítése".Tanulmány, Debrecen, 1996.
- [6] Homonnay Gyné - Dr. Csiha A. - Szilágyi S. - Kónya T. - Halász Gyné.:Tanulmány készítése a Nyíregyháza város Energiakoncepció kidolgozásához. Tanulmány, Debrecen, 1997.
- [7] Halász Gyné - Bajalinov E.: Application of a theoretical game model for ationalisation of housing estate heating energy connected to district heating. SITOK-4 INTERNATIONAL CONGRESS, Heating and Air-Conditioning for the Third Millenium, University of Maribor, University of Ljubjana, p.70. Maribor, 2000.
- [8] Bajalinov E. - Halász Gyné.: Térbeli modell távfűtésre kapcsolt lakóépületek fűtési energiaraacionalizálásához, játékelméleti megközelítéssel. Magyar Épületgépészet, XLIX. évf., 5.sz. p.7. 2000.
- [9] Garbai L. - Halász Gyné.: Valószínűség számítás és a matematikai statisztikai módszerek alkalmazása a fűtéstechnikában. Magyar Épületgépészet XLIX. évf. 7 sz. p3-7. Budapest, 2000.
- [11] Halász Gyné: Távhőellátásra kapcsolt fogyasztói rendszer optimális irányítási, gazdasági modelljének felállítása, 1. rész. Magyar Épületgépészet XLIX. évf. 8 sz. p.41-43. Budapest, 2000.
- [12] Halász Gyné: Távhőellátásra kapcsolt fogyasztói rendszer optimális irányítási, gazdasági modelljének felállítása, 2. rész. Magyar Épületgépészet XLIX. évf. 9 sz. p.3-5. Budapest, 2000.