

Téli hőszükséglet- és nyári hőterhelés-számítás

Lassan 14 éve foglalkozom napi szinten alacsony hőmérsékletű felületfűtési és -hűtési rendszerekkel. Munkám során épületgépész-tervező kollégáknak próbálok segíteni a hőleadó-felület meghatározásában, kiosztásában és a rendszer hidraulikai kérdéseiben. Mint minden más hőleadó tekintetében a méretezés és tervezés első és talán legfontosabb feladata a pontos és alapos hőszükséglet- és hőterhelés-számítás elkészítése. Természetesen a gondosan meghatározott igények alapján lehet jól kiválasztani a hőleadót, és csakis a pontos igények kiszámolásával lehet optimális (beruházási költség és üzemeltetési költségeket figyelembe véve) felületeket tervezni.

A kedves gépész tervező kollégák szeretik biztonságban érezni magukat, így kisebb-nagyobb biztonsági szorzókkal mindenki kalkulál a számításai során. Ez részben érthető, hisz ki akar pereskedni a megrendelővel, hogy nincs elég meleg a lakásban? Viszont azt is számításba kell venni, hogy a sok apró szorzófaktor elrejtése miatt a hőleadók többsége túlméretezetté válik, ami egyrészt felesleges extra beruházási költségeket eredményez, másrészt az üzemeltetés során is okozhat problémát: a „tudatosan” torzított hőszükségleti adatok miatt egy torz szabályozási terv születik (ha születik), ami alapján túl- vagy alulfűtött helyiségeket kapunk, és a kiválasztott hőtermelők sem fognak soha az optimális munkaponton dolgozni... Sajnos a mai napig találkozom olyan projektekkal (manapság ritkábban), ahol olyan hőszükséglet/hőterhelés adatokat kapunk, amelyek a gazdaságos rendszer kiépítésének esélyét sem engedik meg – a helyiségek a számítások alapján gyakorlatilag kifűthetetlenek egy alacsony hőmérsékletű rendszerrel. Hogyan lehetséges ez a költségoptimalizált követelményszint idejében?

A nyári hőterheléssel hasonló a helyzet. Árnyékolás nélkül, a 40 °C-os külső hőségben, lakóingatlanok esetében is napközben világítással (!), egyéb belső hőfejlődésekkel kalkuláljuk az épületet és csodálkozunk, hogy a fajlagos 200-250 W/m² hőterhekre nem lehet gazdaságos hűtési rendszert illeszteni?

Az év elején megkeresett egy fejlesztő, aki egy tízlakásos társasházba mennyezetfűtő/hűtő rendszert kívánt telepíteni. A tervezés éppen elkezdődött, de gondolta, hogy a tervezéssel párhuzamosan megnéz néhány hasonló méretű épületet, hogy élőben is láthassa, mit kell megvalósítania, mert ilyen műszaki tartalmat ez idáig még nem épített. Két tízlakásos projektet mutattam neki, mindkettőben mennyezeti fűtés/hűtés hőleadó rendszer került, és levegős hőszivattyúk szolgáltatták a hőenergiát. Az egyik épületben 3 db, a másik épületben 4 db 16 kW-os, splites rendszerű hőszivattyú volt, melyek egy hidrováltóra dolgoztak. A szekunder oldalra egy keverőszelep került és egy szekunder szivattyú juttatta el a lakásokba a fűtő- vagy hűtőközeget. Boldogan nyugtázta, hogy ez „nem is tűnik bonyolultnak”...

Néhány hete elkészültek a tervei, amelyeket azonnal átküldött. Az ő épületét már a TNM rendelet 6. mellékle-

te, azaz a közel nulla energiaigényű követelményszint szerint tervezték, mégsem volt elég önállóan a mennyezeti hőleadó, így egy második alapvezetékekkel komplett padlófűtési rendszer is betervezésre került, a gépházba pedig 6 db 16-os gépet választottak egy 1000 literes puffertárolóval. Nyilván az előzetesen becsült fűtési rendszer költségei jelentősen növekedtek a két „párhuzamos” hőleadó rendszerrel, és az előzetesen bekért hőszivattyús ajánlatok sem voltak helytállóak. Eléggé elkeseredett a beruházó. Elkértem a winwatt fájlt, hátha találok benne egy kis „tartalékot”, ami alapján optimalizálható a tervezett rendszer. A kapott számítások alapján az épület téli hőszükséglete 62,4 kW, nyári hőterhelése 54,4 kW volt. Fontos megjegyezni, hogy a beruházónak nem voltak „extra” igényei, így a méretezés a tervező által gondolt adatokkal készült.

Fűtési hőszükséglet

Méretezési alapok. Azt gondolom, hogy érdemes a méretezés megkezdése előtt az igényeket a megrendelővel tisztázni! Ha nincsenek extra elvárások, akkor a szabványokra és rendeletekre hagyatkozva nekünk magunknak kell meghatároznunk az alapadatokat.

A belső hőmérsékletre a TNM-rendelet lakóhelyiségekre 20–25 °C, egyéb helyiségekre (konyha, tároló stb.) 16–25 °C tartományt irányoz elő – mindezt operatív hőmérsékletként! (Nem helyiség levegőhőmérséklet!) Külső hőmérsékletéről nem szól a rendelet, így a régi MSZ 04-140 szabványunkra támaszkodhatunk, ami budapesti területre –13 °C-os külső hőmérsékletet ír elő. (Budapest belső területein, ahol „a hősziget hatása erősen érvényesül”, akár –11 °C-ot is fel lehet venni!)

A példánkban szereplő ház Budapesten épül, a külső hőmérsékletnél mégis –15 °C-ot, belső léghőmérsékletre pedig 22 °C-ot vett fel a tervező. Mivel felületfűtés/hűtés rendszerrel tervezik a hőt közölni, így a belső, 22 °C-os levegőhőmérséklet is lehet picit túlzó, hisz a magasabb felületi hőmérsékletek miatt az operatív hőmérséklet is biztosan magasabb értéket fog eredményezni, mint a léghőmérséklet. A belső méretezési léghőmérséklettel most nem kívánok foglalkozni (biztos, hogy a szükséges tartományon belül lesz az operatív érték), legyen ez egy kis „tar-

talék”. Viszont, ha átütöm a külső hőmérsékletet -13°C -ra a tervezett -15 helyett, akkor a 62,4 kW-os igény 59,1 kW-ra csökken.

Légcsere. A régebbi szabványokban minimum 0,8 l/h, fürdők esetén akár 1,5–2-es légcserékkel számoltunk anno. A TNM-rendelet egyértelműen megfogalmazza a tervezési adatot: a IV. 1-es táblázat lakóépületekre vonatkozóan 0,5-ös légcserét ír elő! Véleményem szerint 0,5 l/h-nál nem is érdemes nagyobb számmal számolni! (Ez azt jelenti, hogy -13°C -ban kétóránként ablaknyitással teljesen átcserelelik a levegőt, azaz kétóránként „lehűtjük” a szobát a külső -13°C -ra! Lássuk be, ilyet ritkán lehet tapasztalni!) A mintában szereplő projekten a tervező 0,8-as légcserét kalkulált, amelyet ha átütök 0,5-re, akkor az előzőekben számolt 59,1 kW 51,7 kW-ra csökken!

A filtrációnál még egy pillanatra megállnék. Sokan nem foglalkoznak a részletekkel, így ennél a projektnél is úgy számoltak, hogy a belső terű helyiségeknek is külső hőmérsékletű levegővel történik az átszellőztetése. Pl. egy belső fürdőt (külső homlokzattal, külső nyílászáróval nem rendelkező helyiség) az esetek többségében szimpla ventilátoros elszívással szoktak ellátni. Ennek a helyiségnek a filtrációja a szomszédos helyiség levegőjével pótlódik, azaz nem külső -13°C -ot, hanem mondjuk belső 22°C -os levegőt „öblít”. Hasonló a helyzet pl. az előterekben a bejárati ajtónál, amikor a fűtött, vagy temperált lépcsőházból „szellőzik” a helyiség. Végignéztem ezen helyiségeket, és átállítottam a légcsereire vonatkozó hőfokot. Az 51,7 kW-ról 50,0 kW-ra esett vissza az összegünk.

Belső transzmisszió. Itt elsősorban a lakások közötti hőveszteségek számítására gondolok. Normál üzemben mindenki fűti a lakást, így nem lehet hőáram két lakás lakás- elválasztó fala vagy a födémek között. Akkor lehet „baj”, ha valamelyik lakás üresen áll. A TNM-rendeletben nem találtam erre tervezési iránymutatást, így a régi MSZ szabványunkat vettem elő: az elv az, ha üzemszerűen 4°K vagy annál nagyobb a hőmérsékletkülönbség a két helyiség között, akkor kell számolni a belső transzmissziót. A kérdés az, hogy vajon a közel nulla energiájú ház külső hőszigetelő burkán belül létrejöhet-e egyáltalán ekkora hőmérsékletkülönbség? A másik kérdésem pedig az, hogy ha padló és mennyezetfűtést is tervez a kolléga, akkor hogyan lehet a tervezett lakásban alulról és felülről is hőveszteség? A számítások során a kolléga a 22°C szobahőmérsékletekhez mindenhol 15°C -os szomszédos lakásokat számolt. Ráadásul a winwatt adatbevitelt úgy készítette, hogy „A” lakás méretezésénél „B” szomszéd volt a hideg, „B” lakás méretezésénél pedig „A” volt hideg – azaz egy köztes falon kétszer is „keletkezik” hőveszteség, így még egy duplikáció is került a számításokba! Ha kiviszem a duplikációt, és 4°C -os különbséget számolok a lakások között, akkor 9,3 kW-tal csökkent az épület hőszükséglete. Így már csak 40,7 kW-nál tartunk.

Egyébként még így is maradt a lakások között összesen 3,7 kW belső veszteség, lehet ez is „biztonsági tartalék”! Viszont fontos megjegyezni, hogy ha „kiesik” egy lakás, mert nem lakják, akkor talán keletkezhet maximum néhány száz watt hőveszteség a szomszédos lakások felé (az egyes

helyiségek vizsgálatánál ez szempont lehet), de ha a hőtermelő teljesítményigényét nézzük, akkor ezt a lakást nem fűtik, azaz 3–4 kW-nyi fűtési igény eltűnik a számolt végösszezből! Mindig kisebb ez a belső transzmissziós veszteség, mint a lakás számolt igénye, azaz központi hőtermelő esetén erre a tartalékra valójában soha nem lesz szükség! Az egyes helyiségek hőveszteségénél, a hőleadó kiválasztásánál érdekes lehet a belső transzmisszió, de a ház központi hőtermelőjének kiválasztása szempontjából nem!

A helyiségeket nézegetve észrevettem belső terű lépcsőházak fűtési hőszükségletét is. Miközben jelen projektnél ezek nem is fűtöttek. Tehát sem hőleadó, sem hőtermelő oldalról nem kell számításba venni ezeket! Természetesen a fentiek alapján a lakások bejártánál mind filtrációban, mind transzmisszióban egy alacsonyabb hőfokot kell a folyosóra, lépcsőházra felvenni, de ez is benne volt a számításban. A lépcsőházak összesen 2,3 kW-tal növelték a fűtött terek hőszükségletét, amelyet ha levonok a fenti 40,7-ből, akkor 38,4 kW-ot kapok a ház fűtési hőszükségletére.

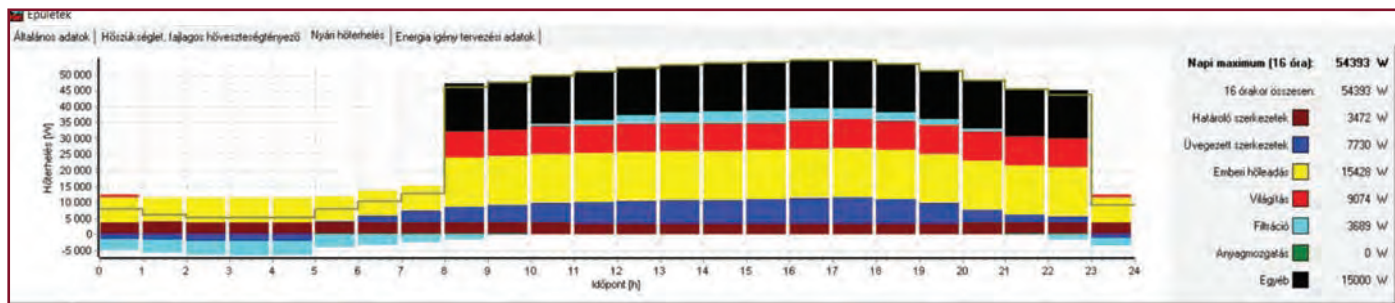
Ha a hőtermelő kiválasztásánál a fűtési igényt tekintem, akkor még azt is levonhatjuk, ha a fürdőszobákban a hőigényeket részben elektromos törülközőszárítós radiátorokkal akarjuk biztosítani! Fürdők hőszükséglete 4,1 kW, melyből tegyük fel, hogy 14 db fürdőben elhelyezett, 150 W-os (minimális) patronnal dolgoznak a radiátorok. Ha ezt levonhatjuk, akkor a hőszivattyúk fűtési igénye 36,3 kW!

Baumann Misi tanár úr régebbi előadásán hallott mondat állandóan előttem lebeg, mely valahogy így hangzott: „Kiszámolom a ház hőszükségletét és annak a 85%-ára választok gázkazánt!” Tudom, tudom, hogy más egy levegős hőszivattyú-kiválasztás (ott van a fránya geo-áramszünet, aztán a HMV-készítésről és -igényekről még nem beszélünk, stb.), de majdnem az eredetileg számolt hőszükséglet felénél járunk! ...és tudatosan hagytam benne tartalékokat! Több helyen is.

Ráadásul a fenti tartalékokon felül még mindig ott van a bűvös „hőnyereségek” kérdésköre is! Időnként kisüt a nap, időnként télen is bekapcsolnak hőtermelő háztartási berendezéseket (tévé, számítógép, sütő stb.), télen elég sokat felkapcsoljuk a világítást is, és ha még tartózkodnak is a lakásban, akkor emberek által termelt hő is jelentkezik... (Általában akkor akarnak meleg szobát a megrendelők, amikor otthon vannak, azaz reálisan mindig lehetne emberek által termelt hővel számolni!)

A fentiekben a ház teljes fűtési igényére koncentráltam, nem foglalkoztam a számomra igazán érdekes helyiségekkel, helyiségenkénti igényekkel. A tapasztalatom az, hogy ma (költségoptimalizált követelményszint) egy új építésű lakóépület esetében 100% biztonsággal és komfortosan kifűthető egy átlagos belmagasságú lakóhelyiség mennyezetéről! Nem kell padlót, falat, egyéb hőtermelőt bevonni. Gondoljunk csak bele: mennyezetről kényelmesen fűtünk 70 W/m^2 teljesítménnyel, amíg a külső falon maximum $8,4\text{ W/m}^2$ hőveszteség keletkezhet!

Jelen példaépületünk lakásai összesen kb. 1000 m^2 te-



rületűek. Tehát az eredeti számítás szerint az átlagos hőigény kb. 62 W/m². Bizonyos belső terű helyiségek kevesebb, hátrányosabb helyiségek több. Tehát akár az is előfordulhatott, hogy valóban nem volt elegendő a mennyezet. De ha a kolléga kivesszi a fenti „extrákat” a számításokból, akkor biztos vagyok abban, hogy a padlófűtési rendszer is teljesen elhagyható a tervekből!

Nyári hőterhelés

Ha őszinte akarok lenni, akkor itt még nagyobb „szórásokkal” lehet találkozni! Nyári hőterheléseknél a transzmisszió és filtráció általában nem jelentősek. (Amíg fűtésben 35 °C-os hőmérsékletkülönbségekre számoljuk a külső szerkezeteket, addig hűtésben csupán 6–8 °C-os különbségek lesznek maximum. Sőt, MSZ-szabványadatokkal éjszaka negatív a hőnyereség és a filtráció, azaz hűl a ház, hűlnek a szobák!) Lakóingatlanok esetében a belső hőfejlődések sem olyan meghatározóak, mint egy irodaépület esetében. Általában a napsugárzás szokott lenni a kritikus tényező! Nem így a példánkban szereplő lakóingatlan esetében, ahol a tervező „használta” a tervezett külső árnyékolót. Ő inkább más „tartalékokat” vett számításba!

A TNM-rendelet „amennyiben van gépi hűtés”, akkor 23–26 °C operatív hőmérséklettartományt ír elő, maximum 26 °C operatív hőmérsékletet. Itt is szeretném hangsúlyozni, hogy ha mennyezetet hűtünk, és az átlagos felületi hőmérsékletet csökkentjük (mennyezetet lehűtjük akár 20–21 °C-ra), akkor a szoba léghőmérséklete akár meg is haladhatja/haladhatná a 26 °C-ot! Ennek ellenére sokan 23–24 °C-os léghőmérsékletre készítik el a számítást! Felületi hűtőrendszer esetében semmi értelme 26 °C-nál alacsonyabb méretezési belső léghőmérsékletet felvenni!

A belső méretezési hőfok nem is a transzmissziós vagy filtrációs nyereség miatt érdekes, hanem a mennyezeti hűtő rendszer fajlagos teljesítménye miatt!

A választott külső hőmérsékletekben is lehetnek eltérések, bár ezen eltérések is csupán az általában jelentéktelen transzmissziós vagy filtrációs hőnyereséget befolyásolják! Egyéb hőterhelésekre nincs hatással! A példánkban szereplő ingatlannál a tervező az MSZ 04-140 szabvány értékeihez hasonló, változó külső hőmérsékletekkel számolt, de ezeket 2 °C-kal feltolta, azaz a maximális külső hőmérsékletnél 32 °C-kal kalkulált (hajnali 3:30-ra visszaesett a külső hőfok 19 °C-ra).

A hőterhelésre az alábbi végeredményt küldték meg. Nyári hőterhelés maximuma 54,4 kW.

Az összesített eredménynél látható, hogy 16 órakor a transzmisszió és filtráció (0,8-as légcserre) összesen 7,1 kW. Bevallom, hogy lusta voltam végigmenni az egyes helyiségeken, és lusta voltam végignézni a hőcsereszámokat és a hőcsere beállított hőfokokat – az biztos, hogy a valós filtráció (0,5-ös légcserre és a belső terű helyiségeknél nem külső léghőmérséklettel számolva) ennél kevesebb lesz. Nincs nagy jelentősége, mert kb. 1 kW-ot csökkenne a hőteher. Maradjon egy kis biztonsági tartalék a nyári számításban is!

(Egy kis érdekesség: ha a 7,1-es filtrációs és transzmissziós veszteséget visszaosztom 6 °C-os hőmérsékletkülönbséggel (32–6 °C) és felszorozom a téli 35 °C-os különbséggel (–13–22 °C), akkor elméletileg kb. az „eredeti” hőszükségletet kellene kapnunk: $7,1/6 \times 35 = 41,4$ kW. Valamiért elég messze vagyunk a 62,4 kW-tól!)

Üvegezett szerkezetek. A bevezetőben írtam, hogy általában ez okozza a problémát, a túlmelegedést lakóépület esetében. Példánkban a kolléga számolt a beruházóval egyeztetett árnyékolással – helyesen. Időnként találkozom olyan számítással is, amire azt mondja a tervező, hogy ő „akkor is le akarja hűteni a helyiséget, ha nem húzzák le az árnyékolót”! Akkor minek készül árnyékoló, ha nem árnyékolás céljából? A megrendelőnek is meg kell értenie, hogy ha gazdaságos és komfortos rendszert akar, akkor nem „pazarol”, nem engedi be a napot! Ráadásul nem 0–24 órában kell a „sötétben ülnie”, hanem a napszaknak megfelelően kell védekezni: reggel a keleti oldalon, késő délután a nyugati oldalon – a direkt besugárzás és a napsugárzás által okozott magas felületi hőmérsékletek ellen! Ezt az én nagyszüleim és szüleim is tudták, mindenféle épületgépészeti tanulmány nélkül. Szóval számoljunk az árnyékolással, ahogy a példánkban a tervező kolléga tette! Üvegezett szerkezetek hőterhe: 7,7 kW. Oké.

Emberi hőleadás: 15 428 W. 116 W/fő esetén ez akkor 133 főt jelent! Tízlakásos lakóingatlanban? Ez komoly?

Azt pontosan értem, hogy az egyes helyiségek hőterhéhez és azok mennyezeti hőleadójának kiválasztásához számolni kell helyiségenként is a bent tartózkodókkal, de arra ügyelni kellene, hogy ha a szobákban van mondjuk a család, akkor ne legyen a nappaliban is egyszerre! A winwatt-ba óránként kell bevinni az emberek hőleadásait, így valamiféle „napirendet” érdemes adni a tervezett lakosoknak: pl. hálóban vannak este 21 órától reggel 7-ig, reggeli az étkezőben 7–8-ig, aztán a nappaliban lehetnek délelőtt 8–12 között, miközben egy fő főz a konyhában (8–12-ig), aztán családi ebéd az étkezőben (12–14), majd egy kis szieszta a

hálóknban pl. 14–16-ig, stb.. Így nem fog kijönni 133 fő egy tízlakásos házra! 10 lakás esetében lakásonként négy fővel összesen 40 fő lehet a házban, ami 4,6 kW, azaz 10,8 kW-tal kevesebb, mint amit a kolléga számolt! Ha ezt kivonjuk a kiindulási 54,4 kW-ból, akkor 43,6 kW-ot kapunk.

Világítás. Azt értem, hogy egy irodaépületben munkaidőben bekapcsolják a világítást, főleg ha kevés a természetes fény. Ezt értem, és elfogadom, számolni kell vele. De lakóingatlanban vajon reális, hogy külső tikkasztó hőségben lámpafényben ücsörög a család? Még azt is elfogadom, hogy ha redőny van és teljes belső sötétségben felkapcsolnak egy-egy lámpát. Na de 9,1 kW a 10 lakásra? Lakásonként 900 W világításra? Reggel 8-tól este 23-ig? A manapság kedvelt és már-már általános ledes izzók mellett a legnagyobb fényárban sem éri el a világítás az 50 W hőfejlődést egy lakásban, itt pedig napközben számolnak 900 W-tal?

Én a saját számításaimban biztosan nem számolnék világítással lakóingatlanl. Javaslom ezt a 9,1 kW-ot komplementen levonni: $43,6 - 9,1 = 34,5$ kW.

Egyéb: 15 000 W. Azaz 1,5 kW/lakás. Reggel 8-tól este 23-ig. Valós lehet? Van egy lakásban 1500 W-nyi hőtermelő berendezés ez kétségtelen, de ezeket ritkán, vagy inkább soha nem használják egyszerre! Főleg nem reggeltől estig folyamatosan! Ezen hőterhelőknél is javaslom az emberi hőleadásnál használt napirendet alkalmazni! Pl. akkor megy a tévé a hálószobában, ha bent vannak a lakói, vagy pl. konyhában a sütő 10–12 között megy, amikor főznek! Ha megbocsátanak a kedves olvasók, akkor itt sem megyek végig helyiségenként, csak két időpontot néznék meg: 11-12-ig és 16-17-ig.

Az ebéd előtti időpontot azért nézem meg, mert feltételezem, hogy minden lakásban megy a sütés/főzés mondjuk 500 W-tal és mondjuk, megy egy nagy tévé 250 W-tal (ez nem ledes, csupán egy „ősdi” plazmatévé). Ha itt nagyobb belső hőfejlődést számolok, mint más időszakban, akkor akár az is kijöhet eredményül, hogy a csúcs átkerül a délelőtti időszakra... Egy lakás egyéb belső hőterhe 750W. 10 lakásra 7,5 kW. (Mondjuk kíváncsi lennék, hogy a budai luxusvillában mindenki főzőcskézik-e, amikor hétközben nincsenek otthon, hétvégén pedig mondjuk a balatoni ingatlanjukban mulatják az időt...) A diagram és a módosítások szerint 11-12-ig az új hőteher $34,5 - 3,6$ (az eredeti 16 órás maximum és a 11-es számolt hőteher-differenciája) -15 kW + 7,5 kW = 23,4 kW jött ki. Ez az ebédet megelőző csúcs. Ha a 16-17 órás időszakot vizsgálom, akkor pedig a sütést kizárva, legyen mondjuk 250W tévé + 150 W 3 db laptop = 450W egy lakás hőterhe, azaz összesen 4,5 kW egyéb hőteher. Ezzel kalkulálva az eredeti csúcsot: $34,5 - 15 + 4,5 = 24$ kW jött ki. Szóval marad a csúcs a 16-17 óra közötti időszakra.

Összesítve: az eredeti téli hőszükséglet 62,4 kW helyett belső hőfejlődések és egyéb hőtermelők nélkül 38,4 kW jött ki nekem, nyári hőterhelésre az eredeti 54,4 kW helyett pedig 24,0 kW adódott csúcsként. Fűtésben 40%, hűtésben 55% csökkenés. Úgy, hogy helyenként hagytam benne tartalékokat!

A példában szereplő projekt esetében az a „szerencse”,

hogy a beruházó látott működő rendszert, így azonnal megértette, hogy az ő terveiben szereplő megoldások túlméretezettek.

Sajnos a legtöbb projekten a beruházó vagy fejlesztő is hajlik a tervezői biztonság irányába, és sokszor a megrendelőtől erednek az irreális tervezési alapadatok, így ők maguk generálják a túlméretezett rendszereket. Ebben az esetben hasznos, ha tájékoztatjuk őket a túlméretezés műszaki veszélyeiről, és a felesleges költségtöbbletről. Az utóbbi általában nagyobb hatással van rájuk...



JÓÓ RENÁTÓ
épületgépész mérnök