

KÖRNYEZETTUDATOS ENERGIAHATÉKONY ÉPÜLET

I. rész: 0,12 W/m²K rétegtervi hőátbocsátási tényezővel rendelkező épület

Szabó Péter (építészet)

Hantos Zoltán (szerkezettervezés)

Karácsonyi Zsolt (energetika)

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Impresszum

Írta és összeállította:

Szabó Péter (építészet)

Hantos Zoltán (szerkezettervezés)

Karácsonyi Zsolt (energetika)

Lektorálta:

Bejó László

Technikai szerkesztő:

Somos András

Farkas Péter

Olvasószerkesztő:

Kantó-Simon Ildikó

Kiadja:

a Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó

Felelős kiadó:

Prof. Dr. Varga László tudományos és külügyi rektorhelyettes

Megjelent:

elektronikusan, 2014, Sopron

ISBN 978-963-334-214-5

ISBN 978-963-334-213-8ö

© Hantos Zoltán, Karácsonyi Zsolt, Szabó Péter (2014)

© Nyugat-magyarországi Egyetem (2014)

A tanulmány a Környezettudatos energiahatékony épület című
TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 számú projekt keretében jött létre.

Támogató: Európai Unió, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával

Környezettudatos energiahatékony épület

I.

0,12 W/m²K rétegtervi hőátbocsátási tényezővel rendelkező épület

Tartalom

Előszó	5
Bevezetés	6
Az épület bemutatása és építészeti rajzok	7
Szerkezeti ismertetés	12
Rétegredek	13
Vonalmenti hőhidak	16
Csomóponti rajzok	19
Az épület gépészeti bemutatása, energetikai számítások és az ötféle gépészeti rendszer összehasonlítása	38
Felhasznált szabványok és jogszabályok	46
Felhasznált irodalom	46

Előszó

Napjainkban valóságos forradalom zajlik az építéset, építéstechnológia területén! Az Európai Unió – felismerve, hogy az EU energiafelhasználásának jelentős részéért közvetve vagy közvetlenül az épületek a felelősek – az új épületek esetén célul tűzte ki az energiafelhasználás csökkentését, közel nulla értékre szorítását. Emellett már látható, és a jövőben várhatóan erősödni fog a törekvés a minél alacsonyabb energiafelhasználással gyártható építőanyagok, a környezetbarát építéstechnológiák használatára. A különböző fa könnyűszerkezetes épületek – és köztük kiemelten a fa bordavázis szerkezetek – különösen alkalmasak az egyre szigorodó energetikai és környezetvédelmi előírások betöltésére.

A könnyűszerkezetes épületek jelentősége, részaránya az építőiparon belül dinamikusn növekszik egész Európában. Magyarországon ez a növekedés sokkal kevésbé érzékelhető. Ennek egyik oka, hogy – bár több cég kifejlesztette a saját építéstechnológiáját – hiányoznak a megfelelő, mindenki számára elérhető, magas minőséget, jó eredményeket garantáló megoldások. Ennek a hiánynak a betöltésében igyekszik segíteni ez a kiadványsorozat.

A bordavázis épületek szerkezete viszonylag könnyen alakítható az energetikai kívánalmaknak megfelelően. Az építési katalógus célja, hogy magas színvonalú, egységesített megoldásokat kínáljon különböző hőszigetelésű épületek szerkezeti megoldásaira nézve. Szándékaink szerint ez a katalógus olyan definitív tervezési segédlet lesz, amely későbbiekben az ilyen épületek számára egységes megoldásrendszerként kínál, és egyfajta ipari szokvánnyá, szabvánnyá válhat. Ilyen jellegű segédletek más országokban már elérhetőek, azonban a hazai piacról eddig hiányoztak. Ez a hiánypótló kiadvány reményeink szerint nagyban hozzájárulhat ennek a környezetbarát építési technológiának a minél szélesebb körű elterjedéséhez.

A kiadványban bemutatott épület, a szerkezetek és a csomóponti megoldások tudományos kutató-fejlesztő munka eredményei, a Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Karának egy több éves kutatási projektjének részét képezik. Örömmel bocsátjuk útjára ezt a kiadványt, abban a reményben, hogy kutatási eredményeink ilyen módon közvetlenül, a gyakorlatban is hasznosíthatóvá válnak.

Dr. Bejő László
egyetemi docens
a Környezettudatos energiahatékony épület c. TÁMOP projekt
CO₂ hatékony épület és nyílászárók alprojektjének vezetője

Bevezetés

A könnyűszerkezetes építkezés a mai napig keresi a helyét a magyarországi építőiparon belül. Ki kell mondanunk, hogy Magyarország területén a fa bordavázás építésnek nincsenek meg azok a hagyományai, melyek a szakemberek és a társadalom szemében is teljes elfogadást biztosíthatnának a számára. Néhány meggyőződéssel alapuló példától eltekintve ismeretlenül és előítéletekkel állunk a faházakkal szemben. Be kell vallani, nem is teljesen alaptalanul, hiszen ellenpélda is akad bőven az országban. Sokan a 40-50 évvel ezelőtti balatonparti favázás nyaralókkal, míg mások a 90-es években megjelent, azóta műszakilag minden tekintetben elavult szerkezetekkel azonosítják a faház fogalmát. Pedig ennek az építési módnak sok száz évre visszanyúló hagyományai vannak külföldön, ahol a fejlődés folytonos, és így nem csak egy-egy momentum kiragadásával, hanem folyamatként tekintenek a rendszer fejlődésére. Itthon azonban még a szakemberek sem fogadják szívesen a könnyűszerkezetes épületekkel kapcsolatos feladatokat, hiszen a jól megszokott és ismert, több utánajárást és másféle gondolkodást nem igénylő hagyományos szerkezettel egyszerűbb megoldani ugyanazt a problémát.

Hosszasan lehetne sorolni, hogy milyen előnyei vannak a könnyűszerkezetes rendszereknek a hagyományos „téglá” falazatú megoldásokkal szemben, ugyanilyen hosszú lista készülhetne a másik oldal védelmére is. Ennek a kiadványsorozatnak ugyanakkor nem célja az ilyen jellegű összeméregetés. Ehelyett segítséget kívánunk nyújtani azoknak, akik szeretnék részletesebben megismerni a fa bordavázás, könnyűszerkezetes építési technológia energetikai jellegzetességeit, és számokban szeretnék látni a tényleges teljesítményt.

A kiadványt megelőző kutatási munka során négy különböző energetikai színvonalú épület kerül kialakításra. Ezek falszerkezetei a hagyományos rétegrendek esetében rendre 0,20; 0,17 és 0,12 W/m²K, a bio rétegrend esetében pedig 0,18 W/m²K rétegtervi hőátbocsátási tényezővel rendelkeznek. Az épületekbe öt különböző épületgépészeti rendszert terveztünk, a kondenzációs gázkazántól a napkollektorokkal kiegészített faelgázosító kazános rendszerig. A négyféle épület bemutatására egy négyrészes kiadványsorozatot készítettünk, melyeknek a felépítése teljesen azonos.

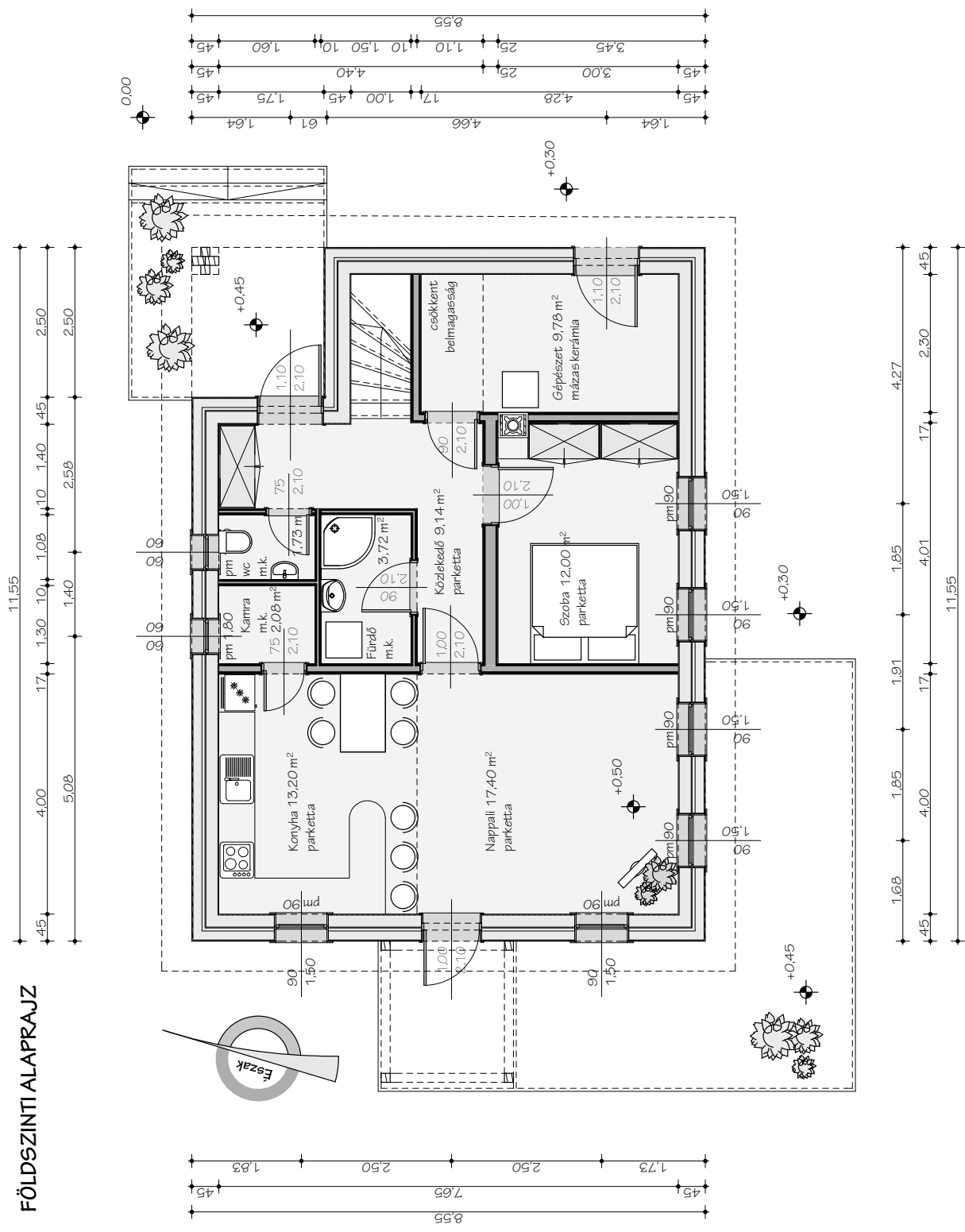
Az épületek energetikai számításait ma Magyarországon szabványok és jogszabályok tartalmazzák, a legfontosabb ezek közül a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról. A rendelet az energetikai számításnak három fő szintjét különíti el: a térelhatároló szerkezetek (rétegrendek) szintjét, a fajlagos hőveszteségtényező (épületszerkezetek) szintjét, végül pedig az összesített energetikai jellemző (gépeszettel felszerelt épület) szintjét. Az első szinten a rétegrendek U hőátbocsátási tényezőjének meghatározása a feladat, a második szinten az épület egy fűtött köbméterére vonatkoztatott q hőveszteséget kell kiszámítani, míg a harmadik szinten az épület egy hasznos négyzetméterének teljes fűtési szezonra számított E_p energiaszükségletét kell megadni, primer energiában, vagyis földgázban kifejezve.

A kiadványban ennek megfelelő sorrendben haladunk, bemutatjuk az épület egyes térelhatároló szerkezeteit, rétegrendi adatokkal és teljesítménnyel, majd sorra vesszük a csatlakozási pontokat, és ezek vonalmenti hőveszteségeit. A felületi és a vonalmenti hőveszteségekből az épület geometriai méreteinek ismeretében összegezzük a fajlagos hőveszteséget, illetve a fűtési hőszükségletet. Végül felszereljük az épületet az öt különböző épületgépészeti rendszerrel, így lehetőségünk adódik annak a megfigyelésére, hogy az egyes rendszerek milyen teljesítményt képesek ugyanabból az épületből kihozni, ha energiatakarékosságról van szó. Az összehasonlítást a könnyebb érthetőség érdekében grafikonokkal és magyarázatokkal látjuk el.

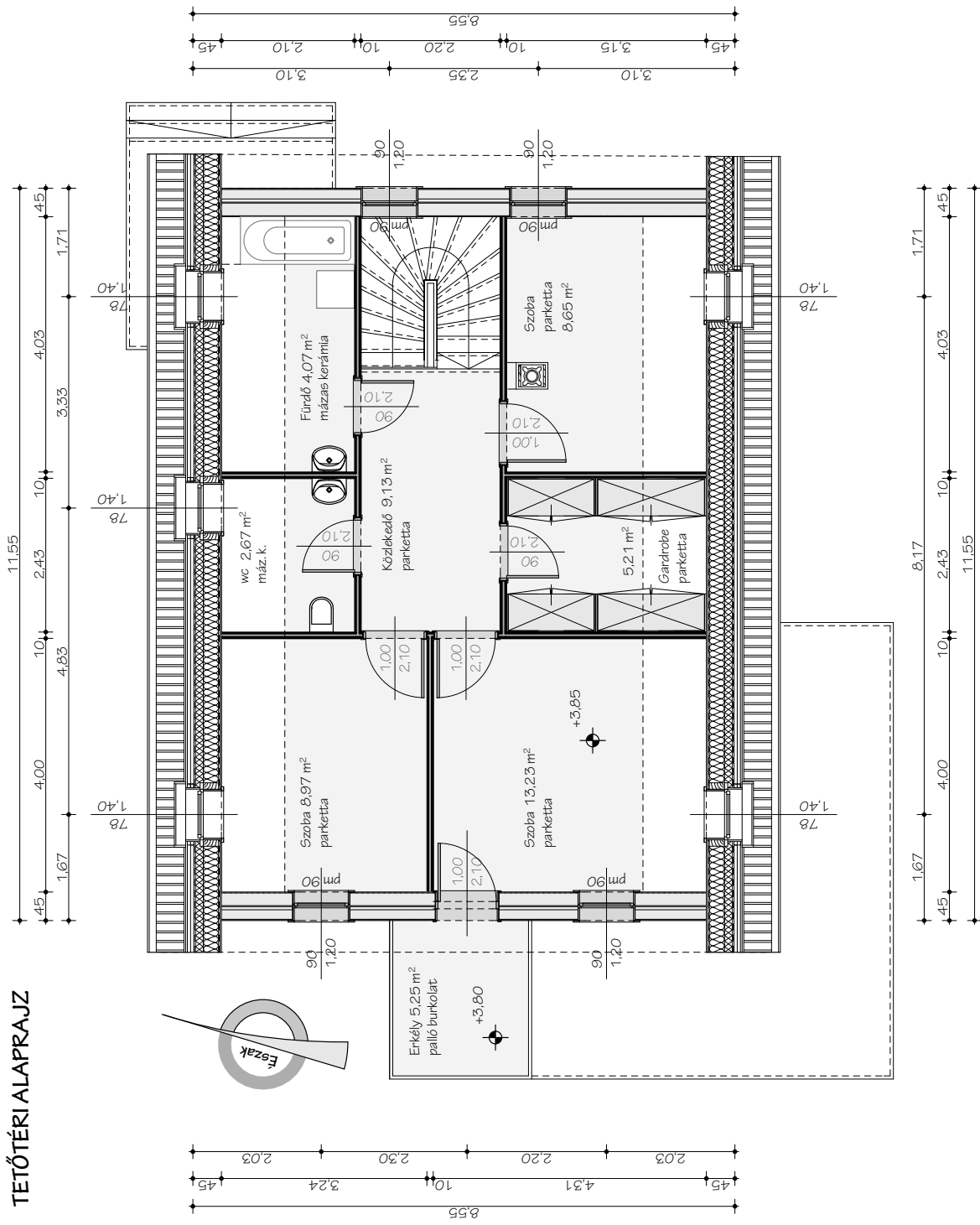
Mivel a bemutatott épület, a szerkezetek és a csomóponti megoldások egyaránt a TÁMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 program keretén belül, egy kutatás során készültek, így az eredmények részletes tudományos és műszaki számításokon alapulnak. A kutatási jelentésekben elkészült számítások nem képezik szerves részét jelen kiadványnak, itt elsősorban az eredmények közzétételére vállalkoztunk.

Az épület bemutatása és építészeti rajzok
7. oldaltól – 12. oldalig

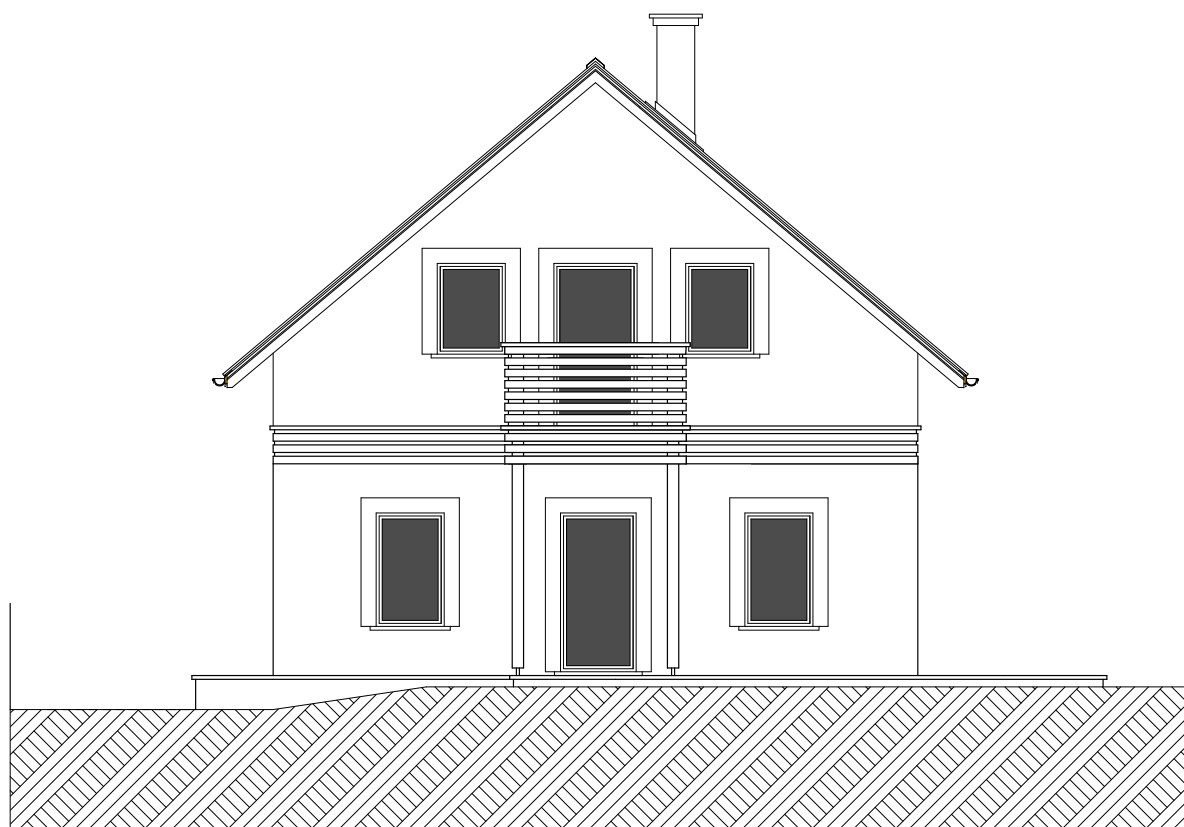
FÖLDSZINTI ALAPRAJZ



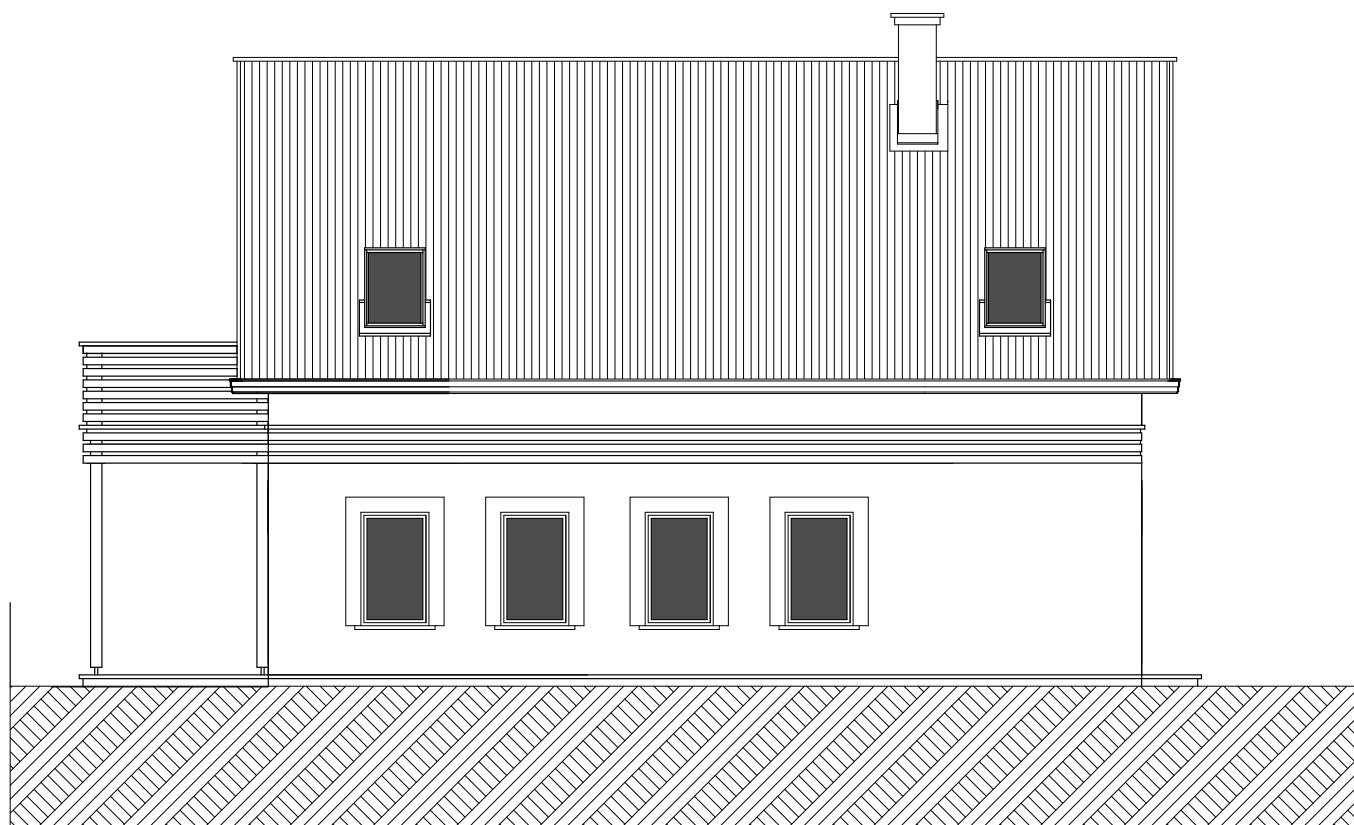
TETŐTÉRI ALAPRAJZ



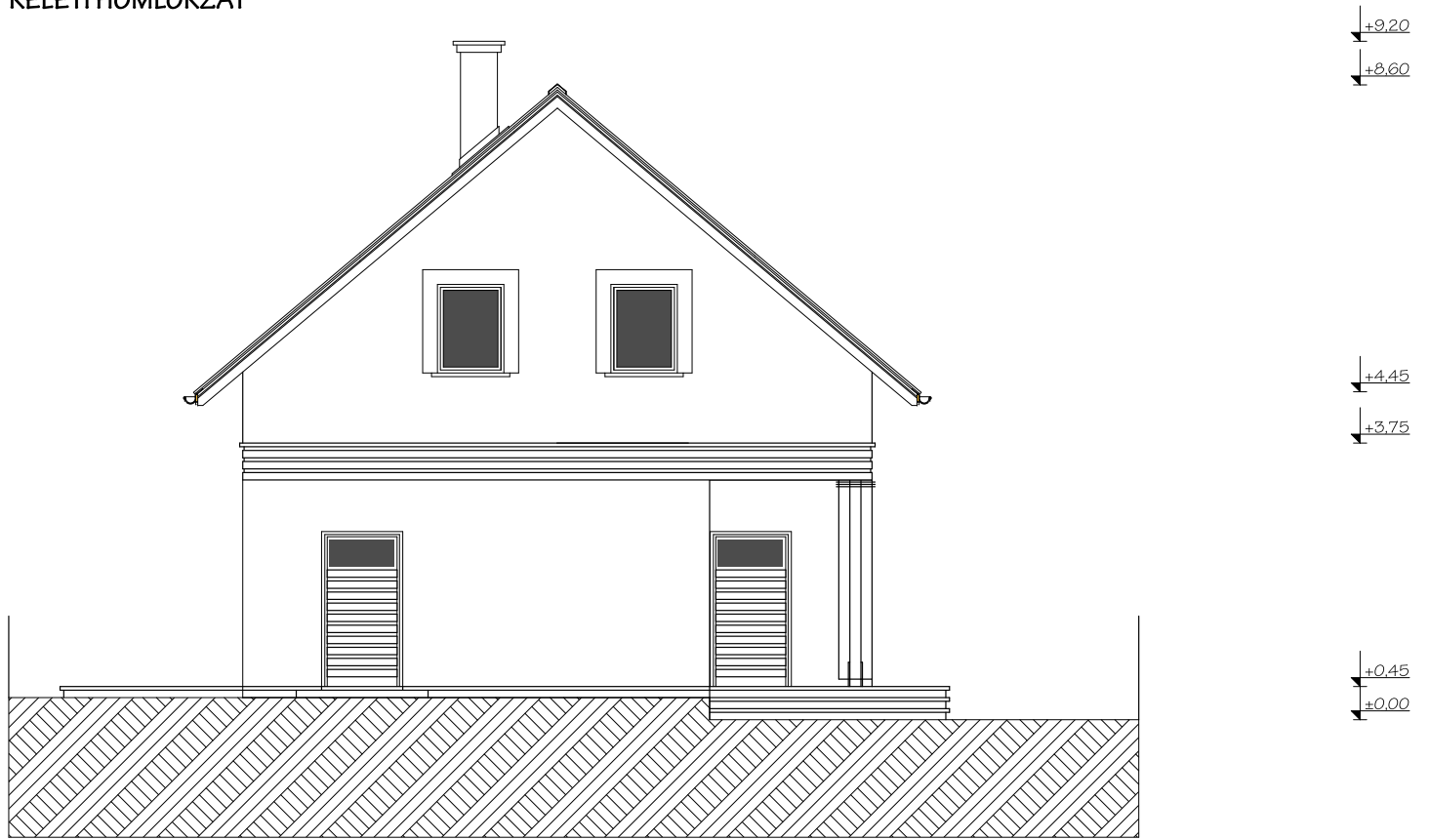
NYUGATI HOMLOKZAT



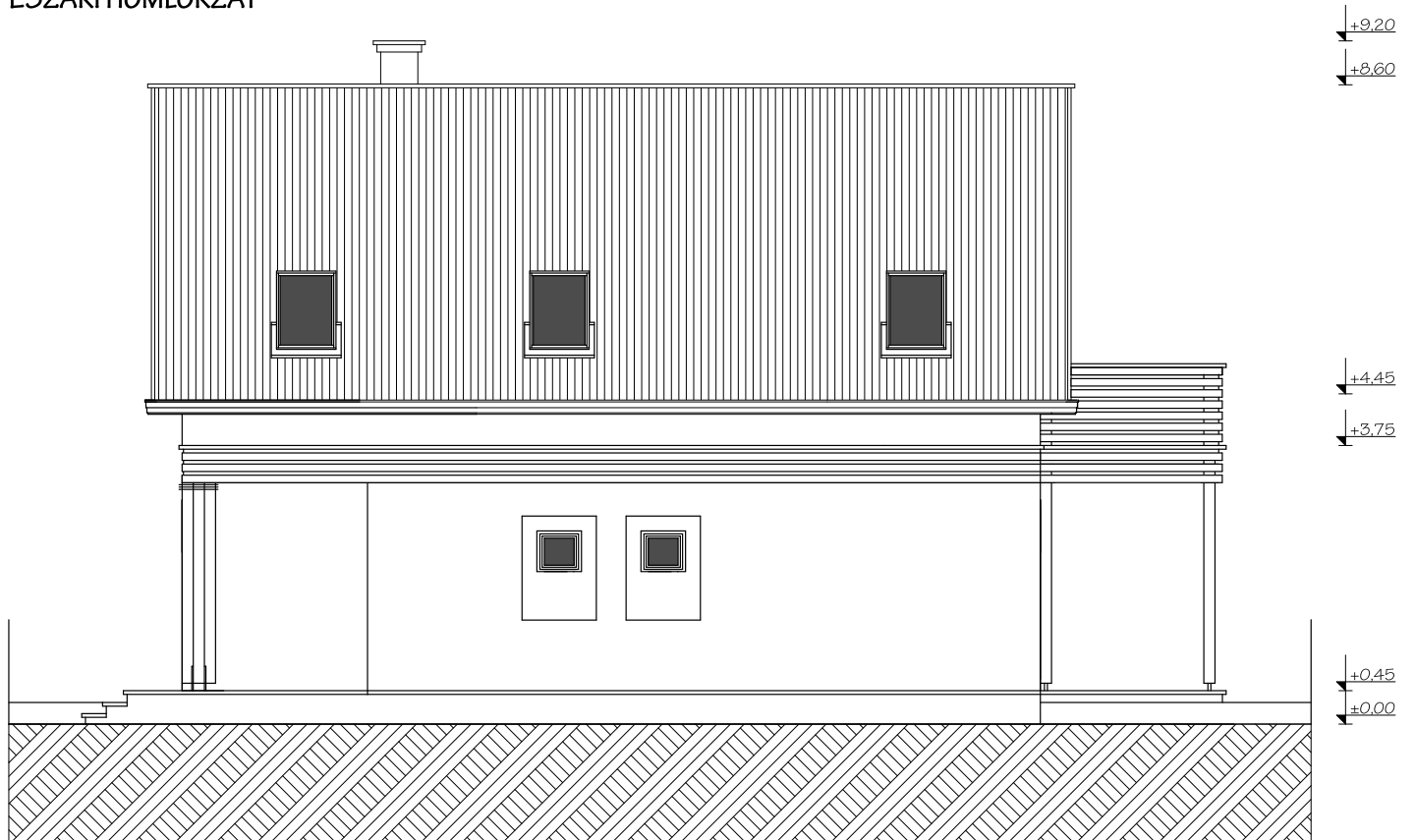
DÉLI HOMLOKZAT



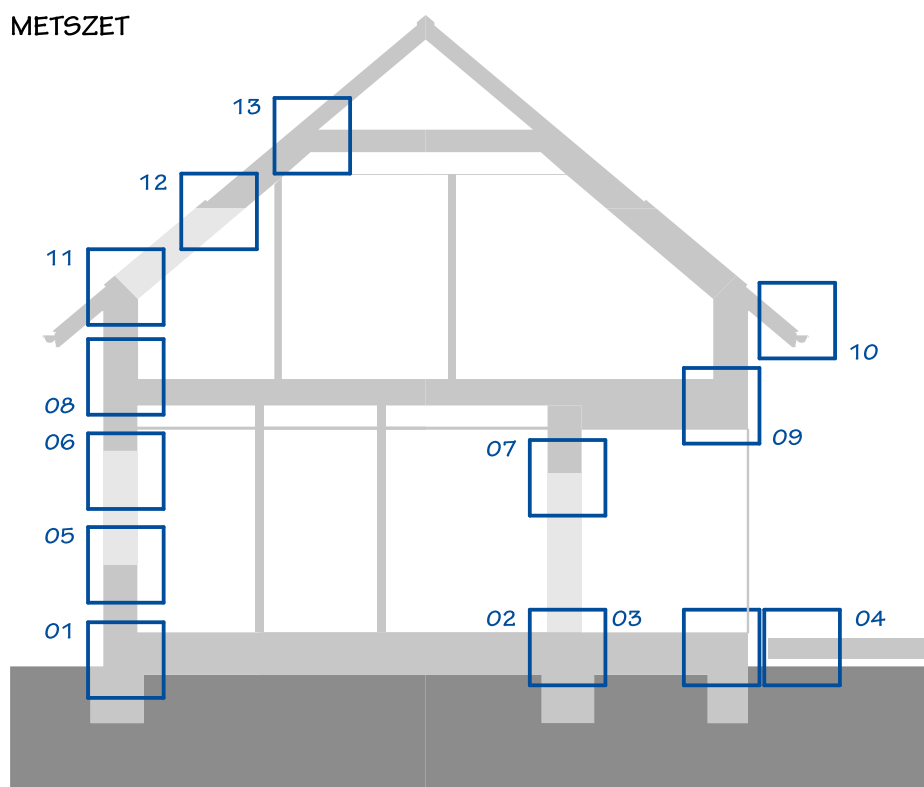
KELETI HOMLOKZAT



ÉSZAKI HOMLOKZAT



METSZET



Szerkezeti ismertetés

A fal és egyéb térelhatároló szerkezetek tervezésekor a legfontosabb szempont az optimálisan elérhető legmagasabb hőszigeteltség elérése volt. A falak tartószerkezete 20 cm vastag pallóváz, tömören kitöltve ásványgyapot szigeteléssel. Az üzemben előregyártott nagypanelos bordaváz kívülről 15 mm gipszrost lemezzel és 16 cm grafitos polisztirol homlokzati hőszigeteléssel, míg belső oldalon 15 mm OSB lemezzel van borítva. Belső oldalra kerül ezen kívül egy réteg folytonosra ragasztott párazáró fólia, majd szerelő lécváz és 15 mm gipszkarton borítás, de ezek a kivitelezési minőség – különös tekintettel a légzárásra – miatt nem az üzemben, hanem csak a helyszínen kerülnek beépítésre.

Belső falak esetében a hangszigetelés az elsődleges szempont, ami kétoldalról gipszrosttal borított, ásványgyapottal kitöltött fa bordaváz szerkezettel biztosítható. A bordák szelvénymérete és kiosztása rendszerint a tartó funkcióknak is megfelelnek, így nem különböztetünk meg belső tartó- illetve válaszfalakat.

Alacsony energiafelhasználású épületek tervezése során elengedhetetlen szempont, hogy a fűtött teret határoló hőszigetelő burok a lehetőségekhez képest folytonos és egyenletes teljesítményű legyen. Talajon fekvő padló- és pincefödém esetében is egyaránt gondot okozna, ha a fal szerkezete megszakítaná a padló hőszigetelő rétegét, ezért az alábbi megoldás került betervezésre: a padló 16 cm vastag polisztirol hőszigetelő rétegét adó lépésálló szigetelés befut a falak alá, a falak teherátadására pedig statikailag szükséges kiosztásban elhelyezett párnafákkal biztosítható. Ezen párnafák dübelelkel rögzíthetők a teherhordó betonlemezhez. Talajon fekvő padló esetében a bitumenes vízszigetelő lemezen keresztül kell a rögzítést megoldani, és a párnafákat faanyagvédelemmel telített kivitelben kell készíteni. A lábazat 12 cm vastag polisztirol anyagú fagyálló hőszigetelését az alapozás síkjáig le kell vinni, csökkentve ezzel a csomópont hőhidasságát. A padló úsztatott aljzatbetonnal lezárható, de ügyelni kell arra, hogy ilyen vastagságú szigetelésre megfelelő vastagságú aljzatbeton kerüljön, elkerülve annak berepedezését.

A köztés födémnek nincs hőtechnikai feladata, a hangszigetelés a födémgerendák közé beépített ásványgyapot szigeteléssel, valamint az úsztatott kivitelben bedolgozott aljzatbetonnal biztosítható. Az aljzatbeton javítja a tetőtér hőtároló viszonyait is, tömege a falfödémekre jellemző káros lengéseket is kiküszöböli, bár emiatt a födémgerendákat túlmérettel kell tervezni. A födém élei mentén gondoskodnunk kell arról, hogy a hangszigetelő céllal beépített vékony szigetelés a teljes födémvastagságot kitöltse, hiszen ennek hiányában jelentősen megnövekedne a födém élének hőhidhatása.

Zárófödémként a tetőszerkezet fogópárjai, illetve földszintes épület esetében a rácsostartó alsó öve használandó. A fogópárok illetve a rácsostartók teljes magasságát 20 cm vastag ásványgyapottal kitöltve, alsó oldalon párnafák közé helyezendő további 10 cm ásványgyapot szigeteléssel, felső oldalon OSB borítással járható kialakított 8 cm vastag polisztirol szigetelő lemezekkel érhető el a kívánt hőszigetelési teljesítmény. A födém alsó burkolata 18 mm gipszkarton, mögötte a párazáró fóliát folytonossá kell ragasztani.

A tetősíkok kialakítása a zárófödémhez hasonló, hiszen a teljes szarufa magasság 18 cm ásványgyapot szigeteléssel van kitöltve (a szarufákat emiatt eleve a megszokottól magasabb, 18 cm-es szelvényméretből kell készíteni), amire a belső oldalon 5 cm-es, lécváz közé beépített ásványgyapot szigetelés, folytonosra ragasztott párazáró fólia, és 18 mm-es gipszkartonborítás készül. A külső oldalt további hőszigeteléssel kell ellátni, ami szarufák feletti PUR szigetelőtáblákkal oldható meg. A 16 cm vastag táblákat 24 mm-es deszkaterítéssel, vagy 22 mm-es farost alapú építőlemezzel kell alátámasztani. Az ereszképzés kivitele megoldható a szarufák duplungolásával, de esztétikai okokból szerencsésebb, ha a tartó szaruzat a talpszelemen vonalán nem nyúlik túl, az ereszt pedig a PUR síkjában elhelyezett pót szarufacsonkok képezik. A fűtetlen padlástér felett felesleges a PUR táblák beépítése, így ezeken a szakaszokon a PUR vastagságának megfelelő párnafákkal kell a tetősík egyenletességét biztosítani.

A teraszok esetében különös körültekintéssel kell eljárni, hiszen jelentős hőhidak alakulnak ki ezen csomópontokban. A fogadósínttel közös betonlemez csak kisebb teraszoknál, pl. bejárati ajtó előtt ajánlott. Ilyen esetben a hőhidmentesítés érdekében a kültéri lemezt is szigetelni kell, teljes felső és oldalsó felületein. Tanácsosabb azonban a hőtechnikailag elválasztott terasz építése. Az eltérő mozgásokat el lehet kerülni közös sávalap alkalmazásával, de a két lábazat közé akkora dilatációt kell tervezni, amibe elfér a hőszigetelő burok részét képező fagyálló polisztirol szigetelés. A kétféle szerkezetre egyaránt igaz, hogy a falszerkezet alsó gerendáját meg kell védeni a homlokzaton lefolyó, illetve a teraszon összegyűlő víztől. Erre a célra egyedi bádogos szerkezetek készítése javasolt.

Erkélyek kialakítása során a legjobb megoldás a lábakon álló, önálló tartószerkezettel rendelkező rendszer, ami szerkezetét tekintve inkább terasznak nevezendő. Konzolos erkély építése faanyagvédelmi szempontból nem tanácsos, bár nem megoldhatatlan. A kültérre kinyúló födémgerendák felső felületét lejtőre kell gyalulni,

majd bádoggal védett fedődeszkával kell ellátni. A bádogozás fölé lambéria borítást kell készíteni, majd vízszigetelő lemezzel borítani. A vízszigetelő lemez az erkély élei mentén legyen cseppentő lemezre futtatva. A vízszigetelés fölé a pánafázás úgy készüljön, hogy kompenzálja a konzolos gerendák lejtését, magassága pedig az erkélyajtó kényelmes használatát lehetővé tegye. Az erkély és a fal síkja közé semmilyen módon nem juthat víz, ezt a szigetelés illetve bádogozás átgondolt kialakításával kell biztosítani.

Árkádfödémek ritkán fordulnak elő családi házak szerkezeteiben. Kialakításuk során annyiban kell kiegészíteni a köztes födémet, hogy a gerendák közötti tereket teljes vastagságban ki kell tölteni ásványgyapot szigeteléssel, és a külső oldalon a hőtechnikai követelményeknek megfelelő homlokzati hőszigetelést kell alkalmazni. 20 cm-es gerendamagasság esetében a homlokzattal azonos 16 cm-es grafitos polisztirol szigetelés alkalmazandó, az aljzatbeton alatti 4 cm-es szigeteléssel együtt ez a rétegrend már eléri a ház többi térelhatároló szerkezetének megfelelő teljesítményt. Nagyon fontos követelmény a párazáró fólia folytonossága, így az árkádfödém minden esetben a köztes födémtől elválasztva kell gyártani, hogy a két födémelem közötti toldási hézagban a földszinti fal párazáró fóliája felvezethető legyen az árkádfödém felső síkjára, ahol összeragasztható az aljzatbeton alatti technológiai fóliával.

A nyílászárók esetében a jelenleg legkorszerűbb, 0,5 W/m²K U értékű, háromszoros üvegezéssel ellátott, polisztirol és fémlemez külső borítással ellátott tokszerkezetű rendszer beépítése javasolt, ami kiváló hőszigetelési tulajdonságaival optimálisan működik együtt a falszerkezettel. A nyílászárók beépítése során a legfontosabb kérdés a tömítés. A nyílászárók körül kialakított beépítési hézagot elötömörített szigetelő szivaccsal érdemes kitömni, amit a külső oldalon vízzáró kittel, a belső oldalon pedig a párazáró fólia folytonos rávezetésével kell lezárni. A homlokzati hőszigetelést az ablakok kerete elé futtatva jelentősen csökkenthető az elkerülhetetlen hőhíd hatás. A homlokzati hőszigetelést a nyílászárók felett vízcseppentős profillal érdemes kiegészíteni, ami a hőhíddátás csökkentése érdekében műanyag legyen.

A tetősíkba beépített nyílászárók esetében szintén a legkorszerűbb, 0,7 W/m²K U értékű, háromszoros üvegezéssel ellátott szerkezetek kerüljenek beépítésre. A tetőablakgyártók kivétel nélkül csomagolnak beépítési útmutatót a termékek mellé, melyek csomóponti rajzokat is tartalmaznak. Az ablakok csak akkor biztosítják az összes elvárt funkciót, ha a beépítés a gyártó előírásai szerint történik. Meg kell azonban jegyezni, hogy ilyen tetőszerkezeti vastagságok mellett a héjazat síkjába beépítendő tetőablakok rendkívül hőhidasak, a szokatlanul vastag kávébélésük pedig nem esztétikus. Tetősíkablakok emiatt inkább csak nagyobb, egybefüggő üvegfelületek kialakítására ajánlottak, ahol az említett hátrányok kevésbé zavaróak.

Rétegrendek

Az U értéknek is nevezett mennyiség megmutatja, hogy a szerkezet 1 m² felületén mekkora hőveszteség lép fel 1 °C kétoldali hőmérséklet-különbség hatására. A tervezés első szakaszában az egyes épületek külső térelhatároló szerkezeteit kell meghatározni. Az egyes falszerkezetekből felépítettük ugyanazt a mintaépületet négy különböző hőszigetelési teljesítménnyel. A falakon kívül további térelhatároló szerkezetek rétegrendjét állítottuk össze, a hőszigetelési teljesítményt igyekeztük a fal teljesítményéhez hangolni.

Az egyes rétegrendek U [W/m²K] hőátbocsátási tényezőjét az MSZ EN ISO 6946 szabványban leírt számítási módszerrel határoztuk meg, az egyes rétegrendi anyagok d [m] vastagságának és λ [W/mK] hővezetési tényezőjének ismeretében. A számoláshoz szükséges még a belső és külső oldali R_{se} illetve R_{si} [m²K/W] felületi hőátadási tényezők ismerete, de ezek tervezési értékéről az említett szabvány rendelkezik.

1. táblázat Rétegrendek U értékei az egyes épületekben

Rétegrend megnevezése	Épület hőszigetelési színvonalja illetve elnevezése			
	0.20	0.18 Bio	0.17	0.12
	U érték [W/m ² K]			
Fal	0,20	0,18	0,17	0,12
Padló	0,27	0,27	0,23	0,10
Padlásfödém	0,22	0,20	0,18	0,10
Tető	0,23	0,20	0,19	0,10
Árkádfödém	0,20	0,17	0,17	0,12
Nyílászárók	1,25	1,25	0,70	0,70

2. táblázat Padló rétegendje

U= 0,10 [W/m²·K]		
Rétegend	d [cm]	λ [w/m·K]
Padlóburkolat (ρ = ~1000 kg/m ³)	1,6	0,30
Aljzatbeton (ρ = ~500-700 kg/m ³)	8	1,65
Technológiai szigetelés (ρ = 64 g/m ²)	0,01	0,12
Lépésálló hőszigetelés (ρ = 350 kg/m ³)	20	0,035
Bitumenes vízszigetelés (ρ = ~10-20 kg/m ³)	1	1,00
Vasszerelt betonlemez (ρ = ~1000 kg/m ³)	16	2,00
Kavicságy (ρ = ~10-20 kg/m ³)	20	0,35
Termett talaj (ρ = ~10-20 kg/m ³)		
Lábazati szigetelés	12	0,035
Vastagság	46,6	
Hőszigetelő képesség (MSZ EN ISO 6946 szerint)		
R _{si} belső hőátadási ellenállás	0,170	[m ² ·K/W]
R _{se} külső hőátadási ellenállás	0,000	[m ² ·K/W]
R hővezetési ellenállás	10,057	[m ² ·K/W]
U hőátbocsátási tényező súlyozott értéke	0,10	[W/m²·K]

3. táblázat Falak rétegendje

U= 0,12 [W/m²·K]		
Rétegend	d [cm]	λ [w/m·K]
Gipszkarton lemez (ρ = 900 kg/m ³)	1,8	0,30
Szerelő lécváz (fenyő, ρ = 350 kg/m ³), közöttte	5	0,13
Légrés	5	0,30
OSB3 lap (ρ = 500 kg/m ³ , S _d = 3,5)	1,5	0,16
Párazáró fólia (S _d = 108)	0,01	0,20
Fenyő bordaváz (ρ = 350 kg/m ³)	20	0,13
Ásványgyapot hőszigetelés (ρ = 35 kg/m ³)	20	0,04
Gipszrost lap (ρ = 1150 kg/m ³)	1,5	0,30
Homlokzati polisztirol szigetelés (ρ = 20 kg/m ³)	16	0,05
Falvastagság	45,8	
Hőszigetelő képesség (MSZ EN ISO 6946 szerint)		
R _{si} belső hőátadási ellenállás	0,130 [m ² ·K/W]	
R _{se} külső hőátadási ellenállás	0,040 [m ² ·K/W]	
R hővezetési ellenállás	8,404 [m ² ·K/W]	
U hőátbocsátási tényező súlyozott értéke	0,12 [W/m²·K]	

A rétegetervek U hőátbocsátási tényezőjének meghatározása mellett elengedhetetlen adat a páratechnikai viselkedést leíró páraesés-diagram. A réteges szerkezetek felületi és szerkezeten belüli páratechnikai viselkedését az MSZ EN ISO 13788 szabvány számítási módszereivel lehet modellezni. Az eredményeket a páranomás-

esési diagramban lehet ábrázolni. A páryomás-esési diagram mutatja meg, hogy a szerkezeten belüli hőmérsékletcsökkenés hatására képes-e kialakulni olyan állapot, mely – jellemzően a külső rétegekben – páralecsapódáshoz, és ebből kifolyólag állagromlási problémákhoz vezet, vagy ez a káros jelenség elkerülhető. A pára-technikai viselkedést a rétegrendeket felépítő anyagok páraáteresztési tulajdonságainak ismeretében ellenőriztük.

4. táblázat Zárófödém rétegrendje

U = 0,10 [W/m²·K]		
Rétegrend	d [cm]	λ [w/m·K]
Gipszkarton lemez (ρ = 900 kg/m ³)	1,8	0,30
Párazáró fólia (S _d = 108)	0,01	0,30
Szerelő lécváz (fenyő, ρ = 350 kg/m ³), közöttte	10	0,13
Ásványgyapot hőszigetelés (ρ = 35 kg/m ³)	10	0,04
Fogópár (fenyő, ρ = 350 kg/m ³), közöttte	20	0,13
Ásványgyapot hőszigetelés (ρ = 35 kg/m ³)	20	0,04
Lépésálló polisztirol szigetelés (ρ = 25 kg/m ³)	8	0,04
Farostlemez felület (ρ = 450 kg/m ³)	1	0,16
Födémvastagság	31,8	
Hőszigetelő képesség (MSZ EN ISO 6946 szerint)		
R _{si} belső hőátadási ellenállás	0,110 [m ² ·K/W]	
R _{se} külső hőátadási ellenállás	0,040 [m ² ·K/W]	
R hővezetési ellenállás	8,651 [m ² ·K/W]	
U hőátbocsátási tényező súlyozott értéke	0,10 [W/m²·K]	

5. táblázat Árkádfödém rétegrendje

U= 0,12 [W/m²·K]		
Rétegrend	d [cm]	λ [w/m·K]
Padlóburkolat	1,6	0,30
Aljzatbeton (ρ = 1800 kg/m ³)	5	1,65
Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1. rtg	0,01	0,12
Lépésálló polisztirol szigetelés (ρ = 25 kg/m ³)	4	0,04
OSB3 lap (ρ = 500 kg/m ³ , S _d = 3,5)	1,8	0,16
Födémgerendázat (fenyő, ρ = 350 kg/m ³), közöttte	20	0,13
Ásványgyapot hőszigetelés (ρ = 35 kg/m ³)	20	0,04
Gipszrost lap (ρ = 1150 kg/m ³)	1,5	0,30
Homlokzati polisztirol szigetelés (ρ = 20 kg/m ³)	16	0,05
Födémvastagság	48,3	
Hőszigetelő képesség (MSZ EN ISO 6946 szerint)		
R _{si} belső hőátadási ellenállás	0,170 [m ² ·K/W]	
R _{se} külső hőátadási ellenállás	0,040 [m ² ·K/W]	
R hővezetési ellenállás	9,014 [m ² ·K/W]	
U hőátbocsátási tényező súlyozott értéke	0,12 [W/m²·K]	

A páryanomás-esés diagramokat az inhomogén rétegrendek esetében külön a bordákon és külön a bordaközökben is elkészítettük, kétszeresen inhomogén rétegtervek esetében pedig a négyféle rétegekombinációnak megfelelően négy diagram készült. A tervezett rétegrendek mindegyike megfelelt a szabvány előírásainak, a diagramokat a kiadvány terjedelmi korlátai miatt nem közöljük.

6. táblázat Tető rétegrendje

U = 0,10 [W/m²·K]		
Rétegrend	d [cm]	λ [w/m·K]
Gipszkarton burkolat (ρ = 900 kg/m ³)	1,8	0,30
Szerelő lécváz (fenyő, ρ = 350 kg/m ³), közötté	5	0,13
Légrés (ρ = ~10-20 kg/m ³)	5	0,30
Párazáró fólia (S _d = 108)	0,02	0,50
Szaruzat (fenyő, ρ = 350 kg/m ³), közötté	18	0,13
Ásványgyapot hőszigetelés (ρ = 35 kg/m ³)	18	0,04
Deszkaterítés (ρ = ~500-800 kg/m ³)	2,4	0,13
Poliuretán szigetelőlemez (csavarokkal átszúrva)	16	0,028
Páraáteresztő fólia, ellenléc, tetőléc, cserépfedés	8	
Tetővastagság	51,2	
Hőszigetelő képesség (MSZ EN ISO 6946 szerint)		
R _{si} belső hőátadási ellenállás	0,110 [m ² ·K/W]	
R _{se} külső hőátadási ellenállás	0,040 [m ² ·K/W]	
R hővezetési ellenállás	10,094 [m ² ·K/W]	
U hőátbocsátási tényező súlyozott értéke	0,10 [W/m²·K]	

Vonalmenti hőhidak

Az épület hőveszteségeinek számítása során az U felületi hőátbocsátási tényezők nem képesek figyelembe venni a csatlakozó élek mentén kialakuló hőhidak hatását. A ψ [W/mK] belső oldali vonalmenti hőhídvesztési tényezők segítségével azonban a hőveszteségek pontosan kiszámíthatók. Az energetikai számításokhoz használatos 7/2006 (V.24.) TNM rendelet szerinti ún. egyszerűsített módszer rendkívül magas többletértékekkel számol; az ún. részletes módszer pedig csak tényleges hőhídvesztési tényezők figyelembe vételét engedi meg – így ezek meghatározása a kutatásban elvégzendő feladatok részét képezte.

A hőhídvesztési tényezők meghatározásához előzetesen meg kell rajzolni az egyes csomópontok síkmetézetét (csomóponti rajz). A modellek geometriai méretének meghatározásához, valamint a peremfeltételek felvételéhez az MSZ EN ISO 10211 – Hőhidak az épületszerkezetekben – Hőáramok és felületi hőmérsékletek számítása, valamint az MSZ EN 13788 – Épületszerkezetek hő- és nedvességtechnikai viselkedése című szabványok adnak iránymutatást. A peremfeltételi hőmérsékletre a szabvány által meghatározott adatokat az OMSZ (Országos Meteorológiai Szolgálat) honlapján vezetett adatbázisból vettük át. A belső hőmérséklet függ a helyiség funkciójától. A számításokhoz 20 °C-os hőmérsékletet vettünk fel, amit a mennyezet esetén 21 °C-ra módosítottunk. A számításokat végelem szoftver segítségével végeztük.

Számítások kiértékelése – hőtechnika

A számítás az MSZ EN 10211-1:1995 Hőhidak a szerkezetekben – Hőáramok és felületi hőmérsékletek számítása – szabvány szerint történik.

Vízszintes metszeti csomópontokon:

$$\psi_e = L^{2D} - U_1 \times l_1 - U_2 \times l_2$$

ahol,

L^{2D} – a végeelemes-modellezés eredményeként kapott vonalmenti hőveszteség-tényező [W/mK]

U – a rétegtervi számításokban kapott súlyozott rétegtervi hőátbocsátási tényező, üvegezett szerkezeteknél az üvegezésre megadott hőátbocsátás [W/m²K]

l – az adott hőátbocsátású réteg becsatlakozási hossza a számításhoz felépített modellben [m]

Függőleges metszeti csomópontokon:

$$\psi_e = \left(0.15 \cdot L^{2D}_{\text{Borda}} + 0.85 \cdot L^{2D}_{\text{Bordaköz}} \right) - U_1 \times l_1 - U_2 \times l_2$$

ahol,

$L^{2D}_{\text{borda/bordaköz}}$ – a végeelemes-modellezés eredményeként kapott vonalmenti hőveszteség-tényező, 15:85 arányban súlyozva a fa tartóbordán és a hőszigetelésen keresztül felvett metszetek eredményeit [W/mK]

A számítás eredményeit úgy tudjuk felhasználni, hogy a belső felületméretekkel számított felületi hőveszteségekhez hozzáadjuk a vonalmenti hőveszteségek értékét, ami a vonalmenti hőveszteség-tényező és a folyóméterben kifejezett hosszúság szorzata.

Számítások kiértékelése – páratechnika

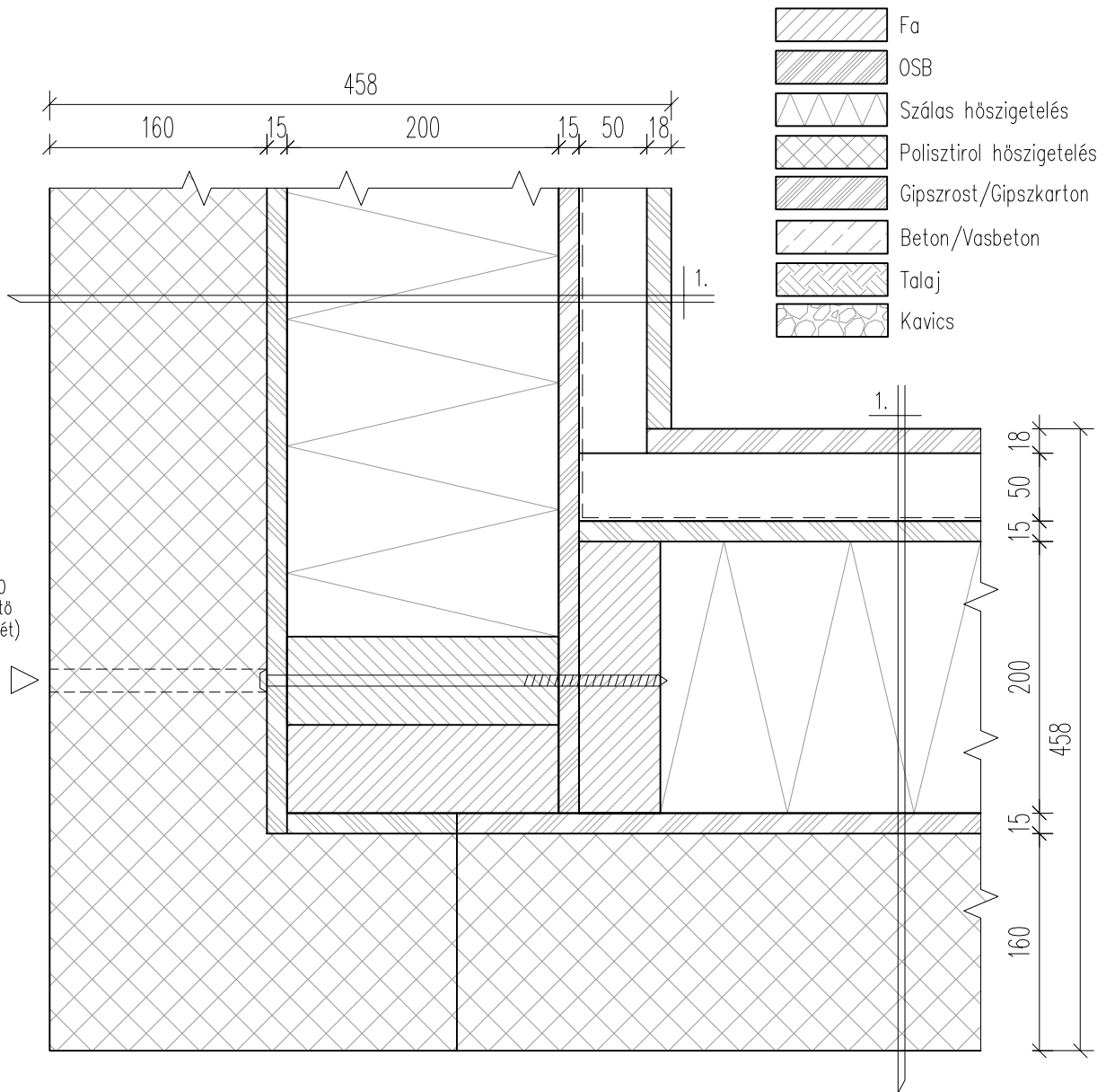
A $\varphi_{si}=0,8$ -as, illetve $\varphi_{si}=1,0$ -ás felületi relatív páratartalom adott belső léghőmérsékleten adott relatív páratartalom mellett tud kialakulni. A φ_{80} illetve a φ_{100} értékek azt a relatív nedvességtartalmat mutatják meg, amelyek $\Theta_i=20^\circ\text{C}$ beltéri léghőmérséklet mellett huzamosabb ideig fennállva felületi penészesedés, ideiglenesen fennállva pedig felületi páralecsapódás kialakulásához vezethetnek kedvezőtlen külső légállapotok mellett.

A penészesedés kialakulásához huzamosabb ideig fennálló $\varphi_{si}=0,8$ -as felületi relatív páratartalom szükséges. Az ellenőrzést az MSZ EN 13788-as szabvány iránymutatásai szerint $\Theta_e = -2^\circ\text{C}$ külső hőmérséklet esetére kell vizsgálni.

A felületi páralecsapódás $\varphi_{si}=1,0$ -ás értéket jelent. Ezt kis hőtehetetlenségű szerkezet vizsgálatok az éves legalacsonyabb napi középhőmérséklettel, vagyis -9°C -kal kell számítani (forrás: OMSZ). A szabvány a nyílászárók mellett egyéb kis hőtehetetlenségű szerkezetekre is ezt a peremfeltételt írja elő, így minden esetben ezt alkalmaztuk.

Az eredmények tájékoztató adatként szolgálnak az egyes szerkezeti hőhidak megítélésére. A magasabb számérték azt jelenti, hogy az adott hőhíd magasabb belső páratartalom esetén sem okoz tényleges problémát (penészesedést vagy páralecsapódást).

Csomóponti rajzok
19. oldaltól – 37. oldalig



1. Külső falszerkezet, $U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 - Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 - Gipszkarton-lemez 18 mm
 - Szerelő lécváz 50/50 mm, közötté
 - Légrés 50 mm
 - Párazáró fólia 1 rtg.
 - OSB-3 lemez 15 mm
 - Párazáró fólia 1 rtg.
 - KVH bordaváz 60/200 mm, közötté
 - Ásványgyapot szigetelés 200 mm
 - Gipszrost-lemez 15 mm
 - Polisztírol hőszigetelő tábla 160 mm
 - Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm



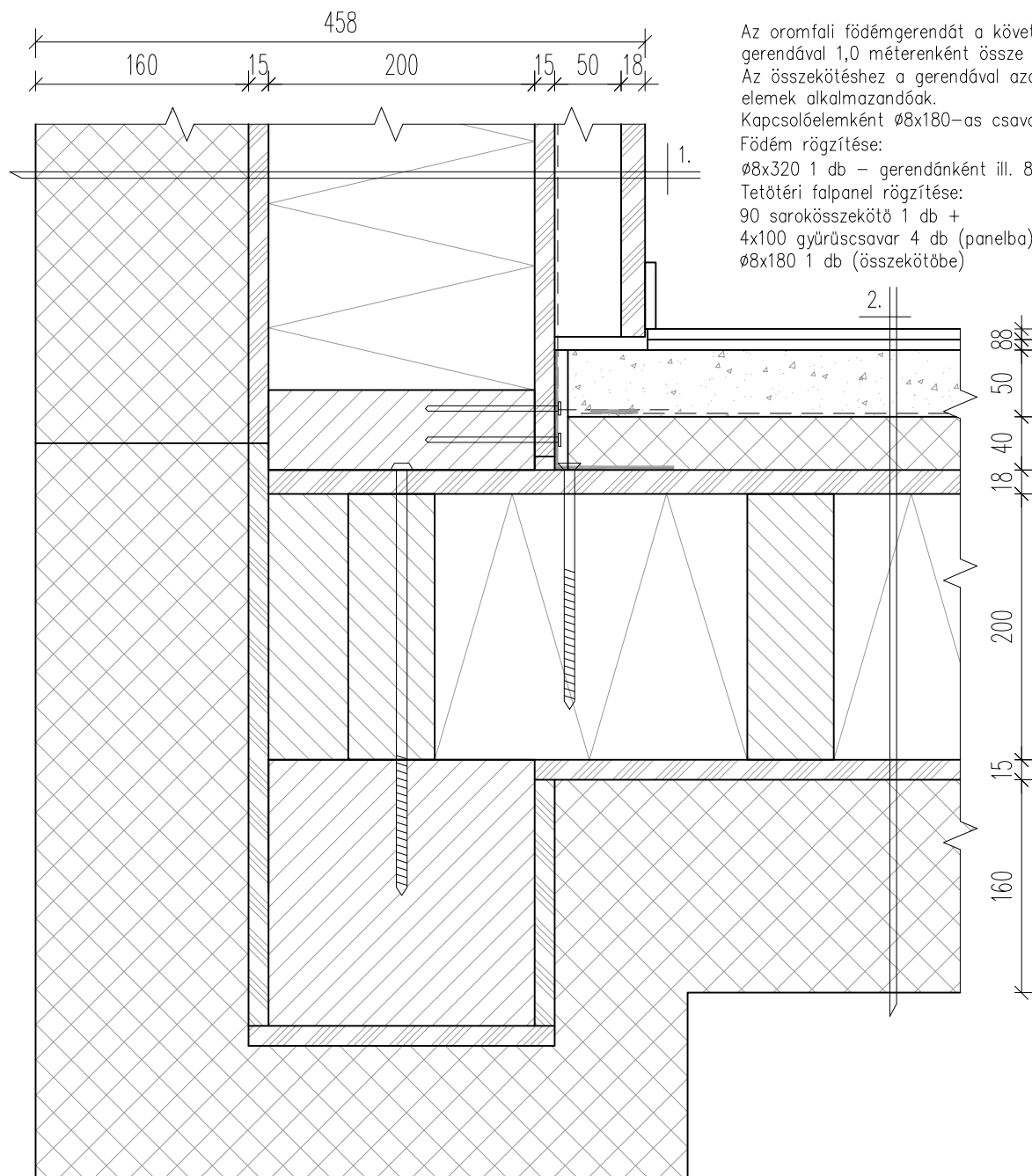
Külső falak 90°-os sarokkapcsolata

$U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet

Vízszintes metszet (M 1:5)

Hantos Zoltán

Ψ_i	0,032	W/mK
f_{Rsi}	0,932	-
φ_{80}	0,73	-
φ_{100}	0,88	-



Az oromfali födémgerendát a következő gerendával 1,0 méterenként össze kell kötni. Az összekötéshez a gerendával azonos keresztmetszetű elemek alkalmazandók. Kapcsolóelemként $\varnothing 8 \times 180$ -as csavar alkalmazandó.
 Födém rögzítése:
 $\varnothing 8 \times 320$ 1 db – gerendánként ill. 80 cm távolságokban
 Tetőtéri falpanel rögzítése:
 90 sarokösszekötő 1 db +
 4x100 gyűrűscsavar 4 db (panelba)
 $\varnothing 8 \times 180$ 1 db (összekötőbe)

1. Külső falszerkezet, $U=0.12$ W/m²K
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Gipszkarton-lemez 18 mm
 Szerelő lécváz 50/50 mm, közötté
 Légrés 50 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 OSB-3 lemez 15 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 KVH bordaváz 60/200 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 200 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Polisztirol hőszigetelő tábla 160 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

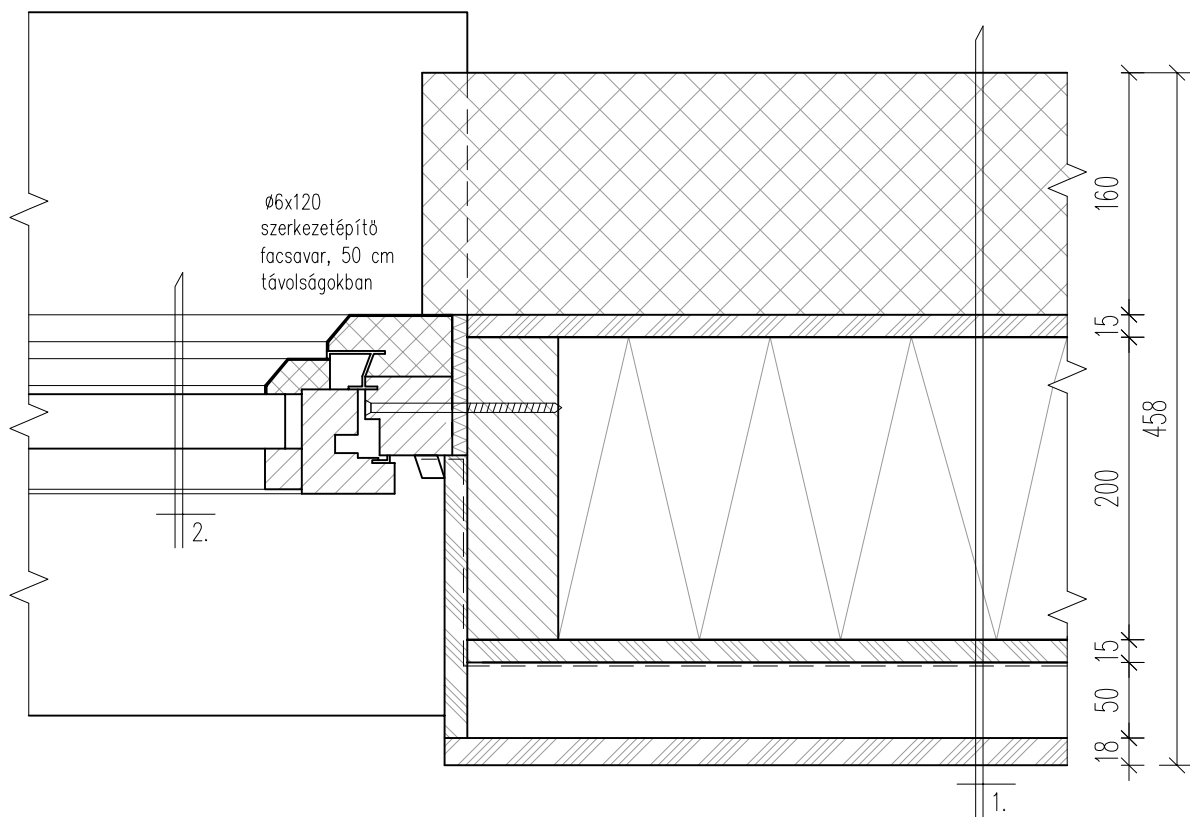
2. Árkádfödém, $U=0.12$ W/m²K
 Padlóburkolat
 Esztrichréteg 50 mm
 Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
 Lépésálló hőszigetelés 40 mm
 OSB 18 mm
 Födémgerendázat 60/200, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 200 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Polisztirol hőszigetelő tábla 160 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

	Fa
	OSB
	Szálás hőszigetelés
	Polisztirol hőszigetelés
	Gipszrost/Gipszkarton
	Beton/Vasbeton
	Talaj
	Kavics



Külső fal és árkádfödém kapcsolata
$U=0.12$ W/m²K falszerkezet
Függőleges metszet (M 1:5)
Hantos Zoltán

Ψ_e	0,029	W/mK
f_{Rsi}	0,914	-
φ_{80}	0,71	-
φ_{100}	0,86	-



1. Külső falszerkezet, $U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Gipszkarton-lemez 15 mm
 OSB-3 lemez 15 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 KVH bordaváz 60/160 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 160 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Polisztirol hőszigetelő tábla 120 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

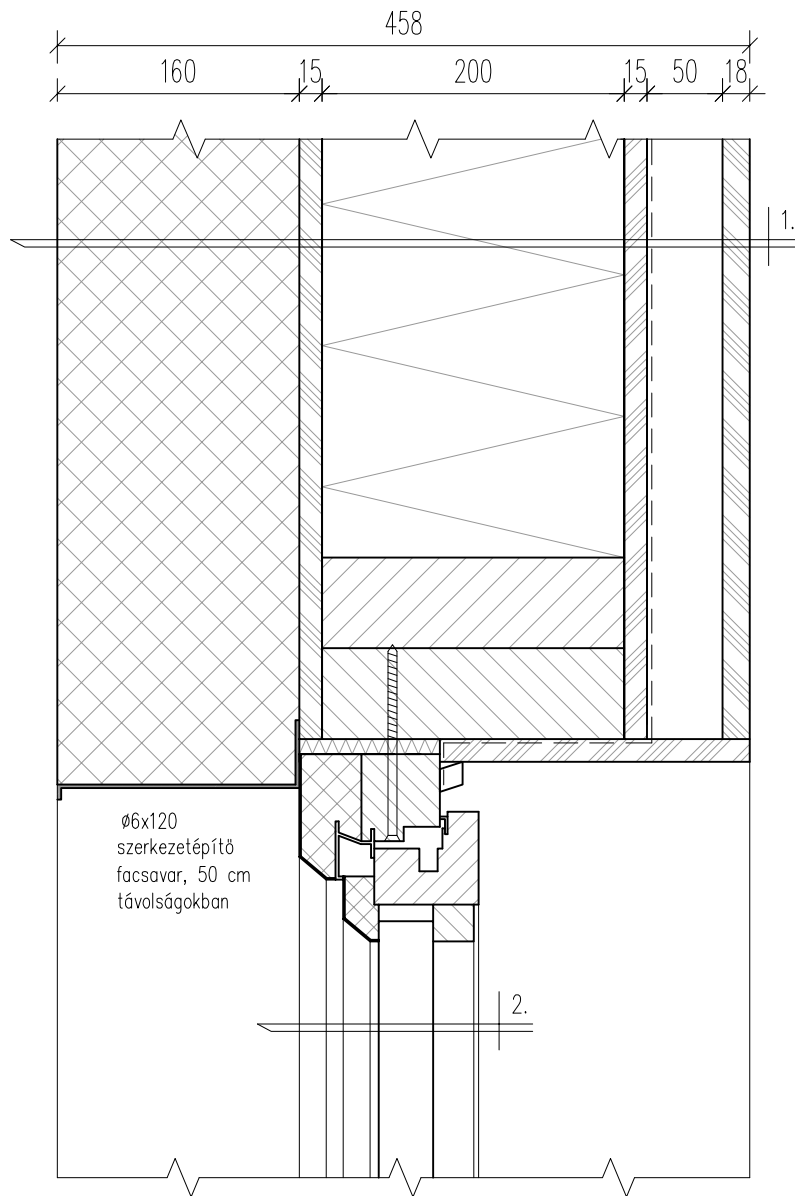
2. Üvegezett homlokzati nyílászáró
 $U_g = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_w = 0.664 \text{ W/m}^2\text{K} (120/120)$

	Fa
	OSB
	Szálás hőszigetelés
	Polisztirol hőszigetelés
	Gipszrost/Gipszkarton
	Beton/Vasbeton
	Talaj
	Kavics



Ablak oldalsó beépítése
$U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet
Vízszintes metszet (M 1:5)
Hantos Zoltán

Ψ_e	0,064	W/mK
f_{Rsi}	0,893	-
φ_{80}	0,67	-
φ_{100}	0,83	-



	Fa
	OSB
	Szálás hőszigetelés
	Polisztirol hőszigetelés
	Gipszrost/Gipszkarton
	Beton/Vasbeton
	Talaj
	Kavics

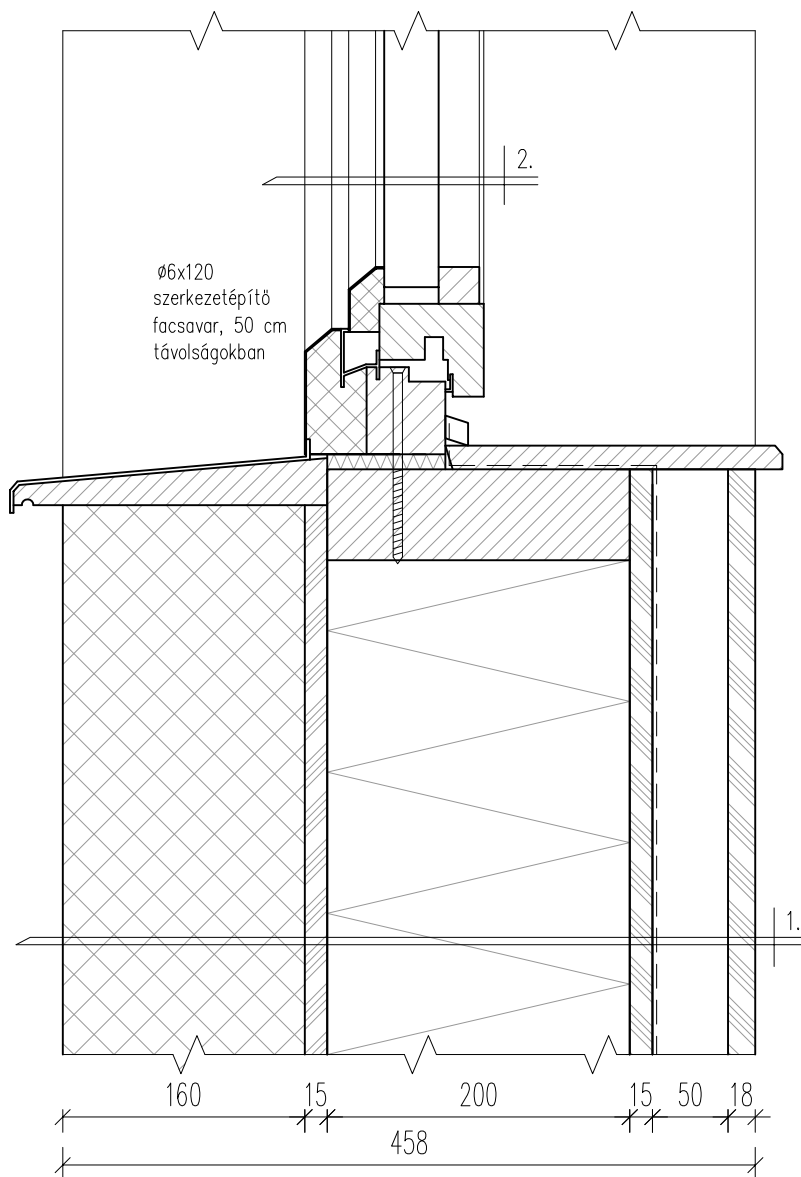
1. Külső falszerkezet, $U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 - Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 - Gipszkarton-lemez 15 mm
 - OSB-3 lemez 15 mm
 - Párazáró fólia 1 rtg.
 - KVH bordaváz 60/160 mm, közötté
 - Ásványgyapot szigetelés 160 mm
 - Gipszrost-lemez 15 mm
 - Polisztirol hőszigetelő tábla 120 mm
 - Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

2. Üvegezett homlokzati nyílászáró
- $U_g = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - $U_w = 0.664 \text{ W/m}^2\text{K} (120/120)$



Ablak oldalsó beépítése
$U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet
Függőleges metszet (M 1:5)
Hantos Zoltán

Ψ_e	0,069	W/mK
f_{Rsi}	0,890	-
φ_{80}	0,66	-
φ_{100}	0,82	-



	Fa
	OSB
	Szálás hőszigetelés
	Polisztirol hőszigetelés
	Gipszrost/Gipszkarton
	Beton/Vasbeton
	Talaj
	Kavics

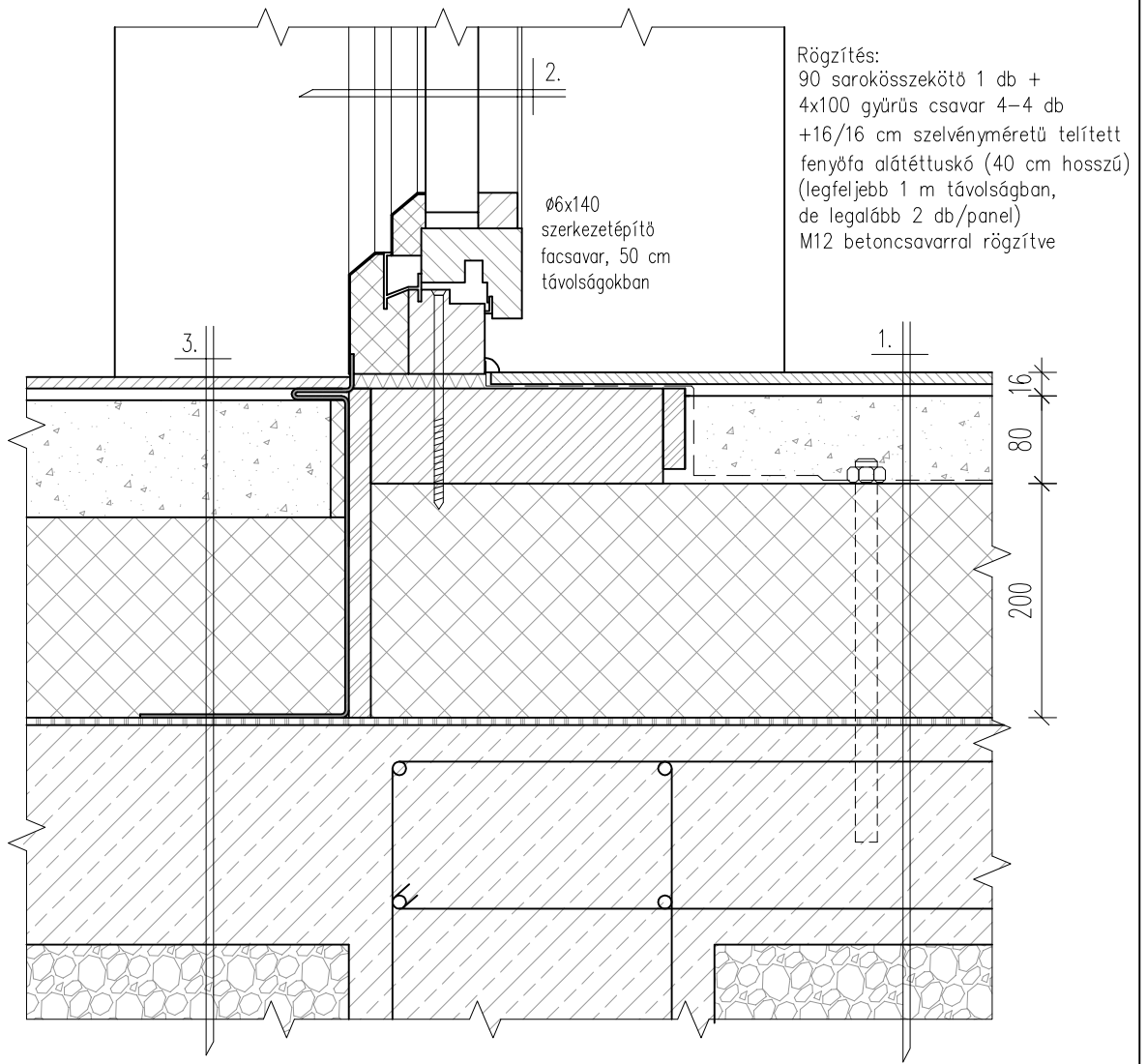
1. Külső falszerkezet, $U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Gipszkarton-lemez 15 mm
 OSB-3 lemez 15 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 KVH bordaváz 60/160 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 160 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Polisztirol hőszigetelő tábla 120 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

2. Üvegezett homlokzati nyílászáró
 $U_g = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_w = 0.664 \text{ W/m}^2\text{K} (120/120)$



Ablak oldalsó beépítése
$U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet
Függőleges metszet (M 1:5)
Hantos Zoltán

Ψ_e	0,084	W/mK
f_{Rsi}	0,814	-
φ_{80}	0,58	-
φ_{100}	0,71	-



1. Talajon fekvő padló, $U=0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$

Padlóburkolat
 Aljzatbeton 80 mm
 Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
 Lépésálló hőszigetelés 200 mm
 Bitumenes vízszigetelés 2 rtg.
 Vasszerelt betonlemez 160 mm (C20~C25)
 Kavicságy 200 mm
 Termett talaj

3. Talajon fekvő terasz

Fagyálló padlóburkolat
 Fagyálló aljzatbeton 10 cm
 Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
 Fagyálló hőszigetelés 16 cm
 Bitumenes vízszigetelés 2 rtg.
 Vasszerelt betonlemez 160 cm (C20~C25)
 Kavicságy 200 mm
 Termett talaj

	Fa
	OSB
	Szálás hőszigetelés
	Polisztirol hőszigetelés
	Gipszrost/Gipszkarton
	Beton/Vasbeton
	Talaj
	Kavics

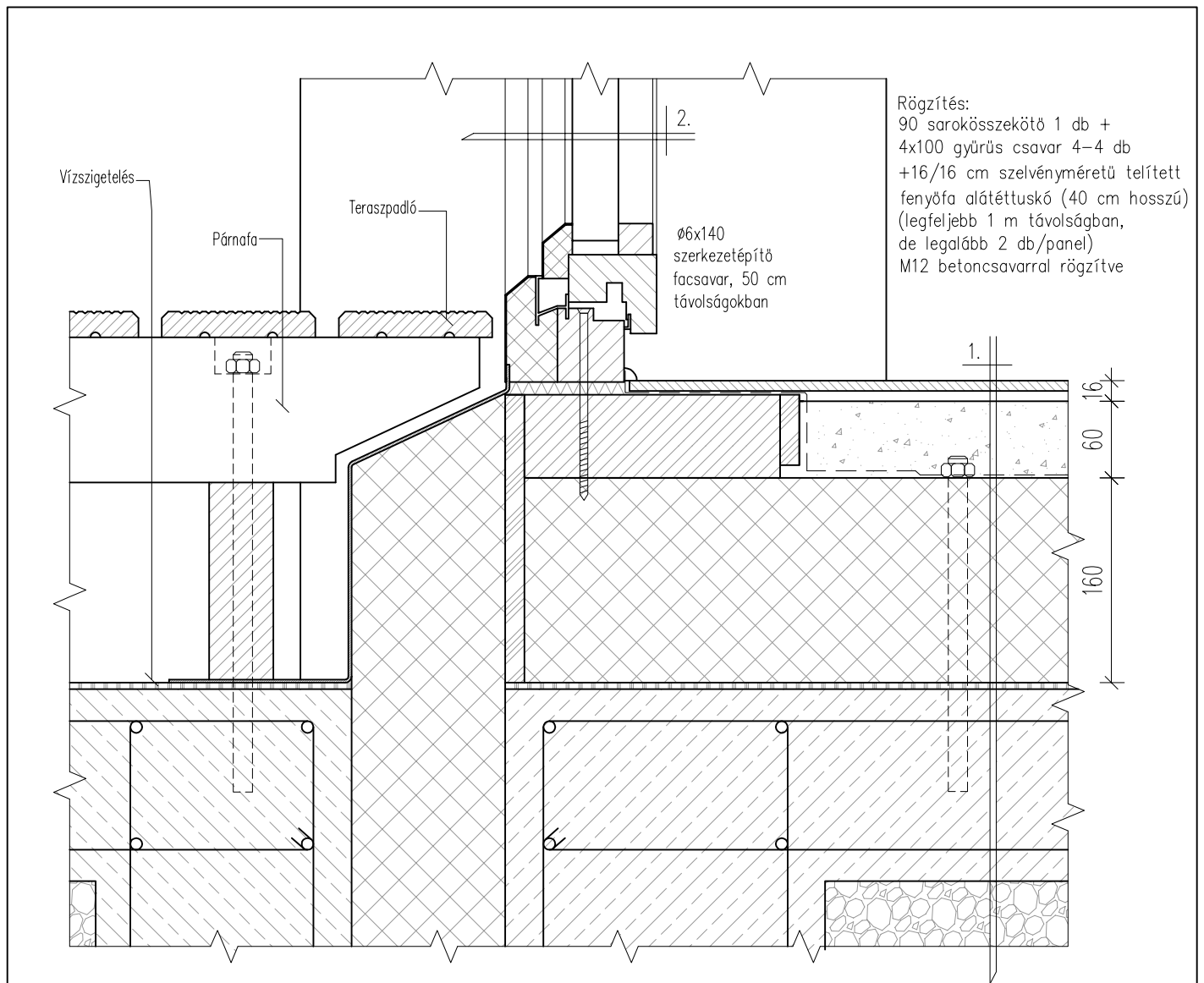
2. Üvegezett homlokzati nyílászáró

$U_g = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_w = 0.630 \text{ W/m}^2\text{K}$ (120/210)



Külső fal és lábázat kapcsolata - teraszajtó - terasz	
$U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet	
Függőleges metszet (M 1:5)	
Hantos Zoltán	

Ψ_e	0,093	W/mK
f_{Rsi}	0,834	-
φ_{80}	0,60	-
φ_{100}	0,74	-











1. Talajon fekvő padló, $U=0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Padlóburkolat
 Aljzatbeton 80 mm
 Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
 Lépésálló hőszigetelés 200 mm
 Bitumenes vízszigetelés 2 rtg.
 Vasszerelt betonlemez 160 mm (C20~C25)
 Kavicságy 200 mm
 Termett talaj

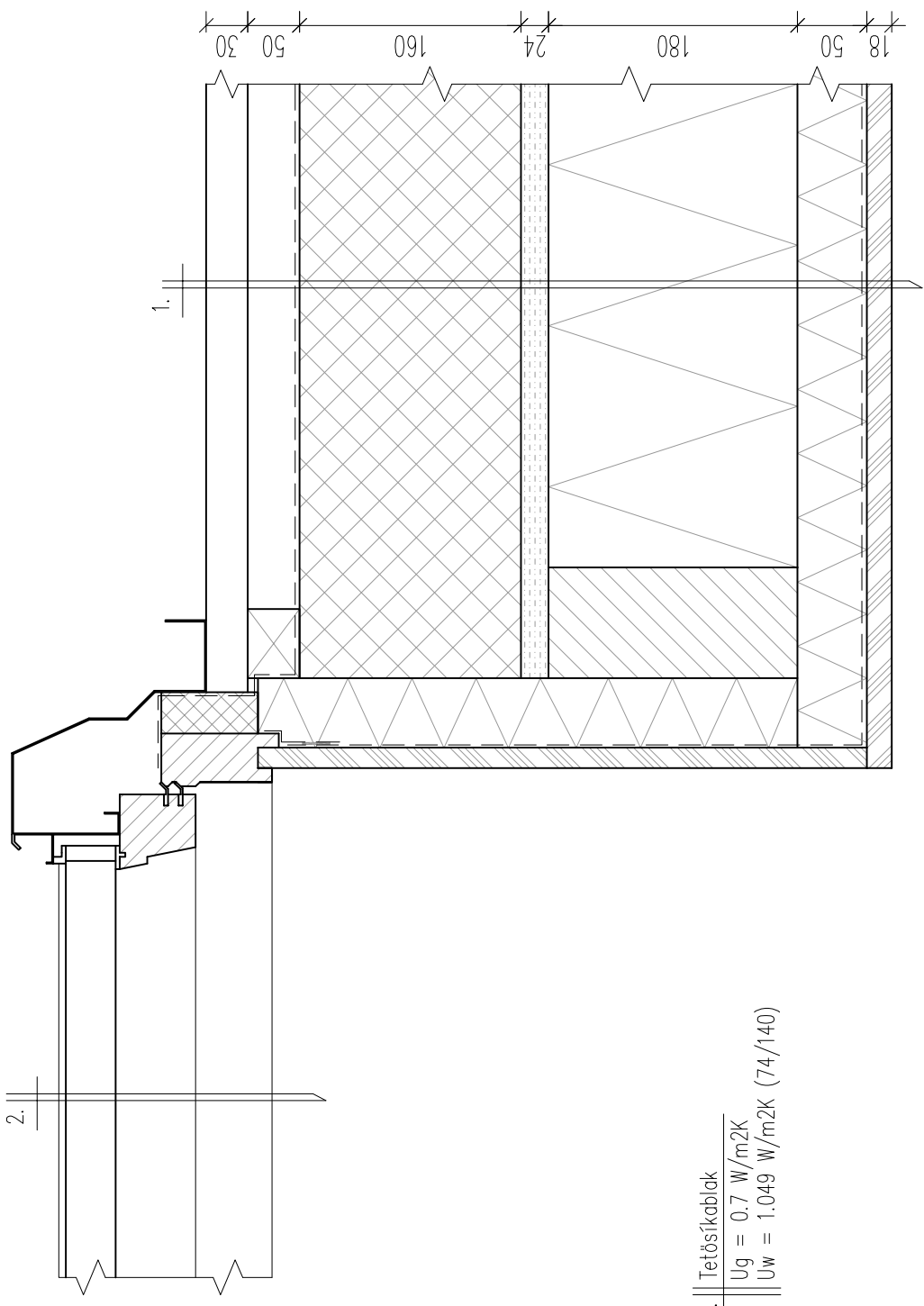
2. Üvegezett homlokzati nyílászáró
 $U_g = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_w = 0.630 \text{ W/m}^2\text{K}$ (120/210)



Külső fal és lábazat kapcsolata - teraszajtó - terasz
$U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet
Függőleges metszet (M 1:5)
Hantos Zoltán

Ψ_e	0,089	W/mK
f_{Rsi}	0,810	-
φ_{80}	0,57	-
φ_{100}	0,71	-

-  Fa
-  OSB
-  Szűrés hőszigetelés
-  Polisztirol hőszigetelés
-  Gipszrost/Gipszkarton
-  Beton/Vasbeton
-  Talaj
-  Kavics

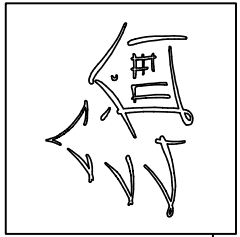


1. Tetőszerkezet, $U=0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Cserépfedés 1 rtg.
- Tetőléc 50/35 mm
- Ellenlécváz 50/50 mm
- Pároltárasztó alátétfólia
- Poliuretán szigetelőlemez 160 mm
- Deszkaterítés 24 mm
- Szaruzat 85/180 mm, közöttte
- Ásványgyapot szigetelés 180 mm
- Párazáró fólia 1 rtg.
- Szerelőléc-váz 50/50 mm, közöttte
- Légrés 50 mm
- Gipszkarton-lemez 18 mm
- Gipszes glettsimítás 0,3 mm
- Diszperziós beltéri festés 2 rtg.

2. Tetősíkablak

$U_g = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_w = 1.049 \text{ W/m}^2\text{K} (74/140)$



Tetősíklablak oldalsó beépítése
 $U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet
 Tetősíkra merőleges metszet (M 1:5)
 Hantos Zoltán

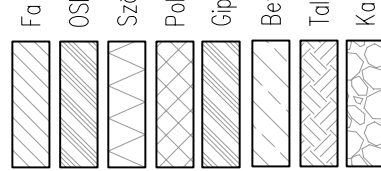
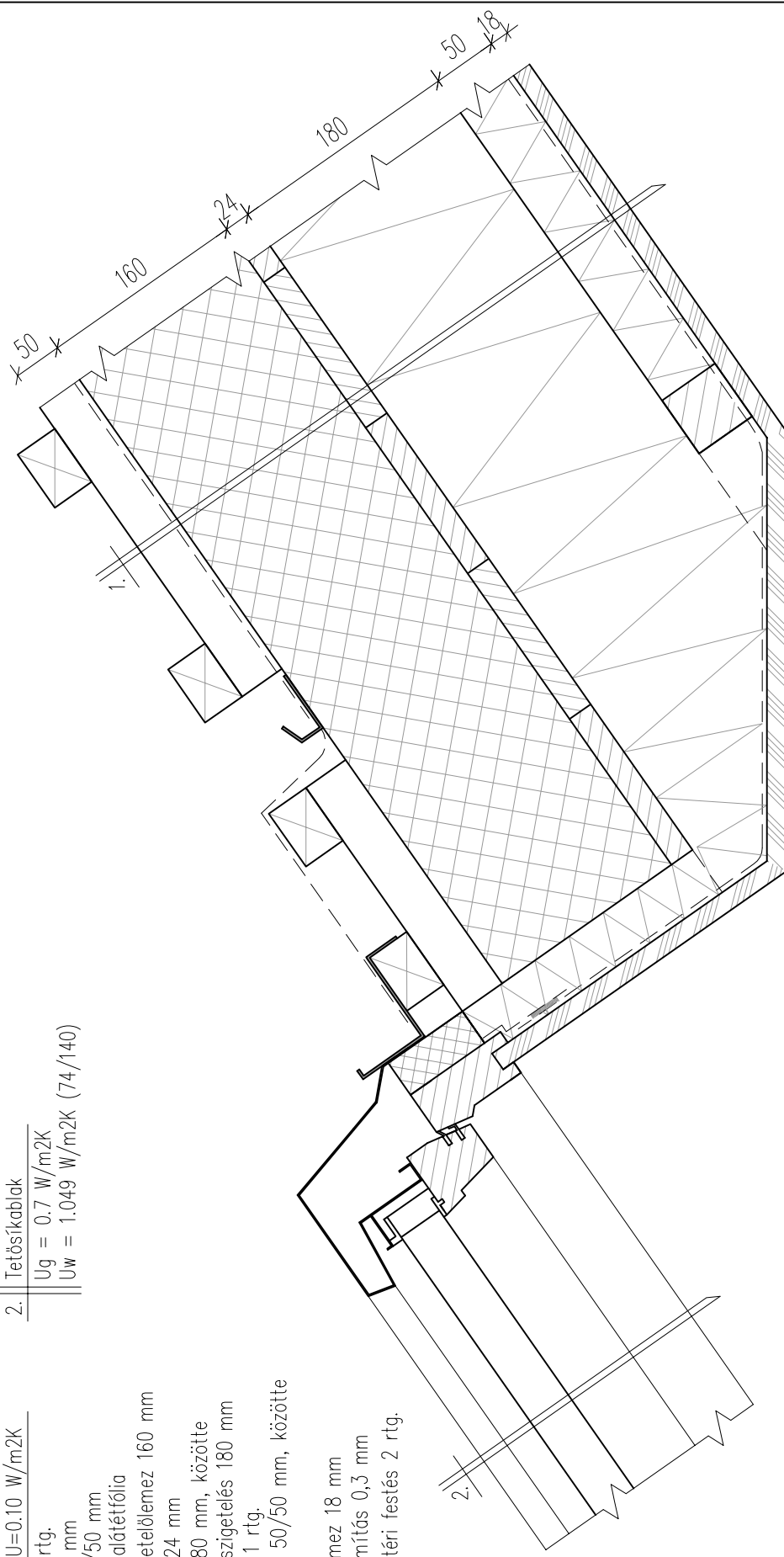
Ψ_e	0,088	W/mK
f_{Rsi}	0,900	-
φ_{80}	0,67	-
φ_{100}	0,84	-

1. Tetőszerkezet, $U=0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Cserépfedés 1 rtg.
- Tetőléc 50/35 mm
- Ellenlécváz 50/50 mm
- Páraáteresztő alátétfólia
- Poliuretán szigetelőlemez 160 mm
- Deszkaterítés 24 mm
- Szaruzat 85/180 mm, közöttte
- Ásványgyapot szigetelés 180 mm
- Párazáró fólia 1 rtg.
- Szerelőléc-váz 50/50 mm, közöttte
- Légrés 50 mm
- Gipszkarton-lemez 18 mm
- Gipszes glettsimítás 0,3 mm
- Diszperziós beltéri festés 2 rtg.

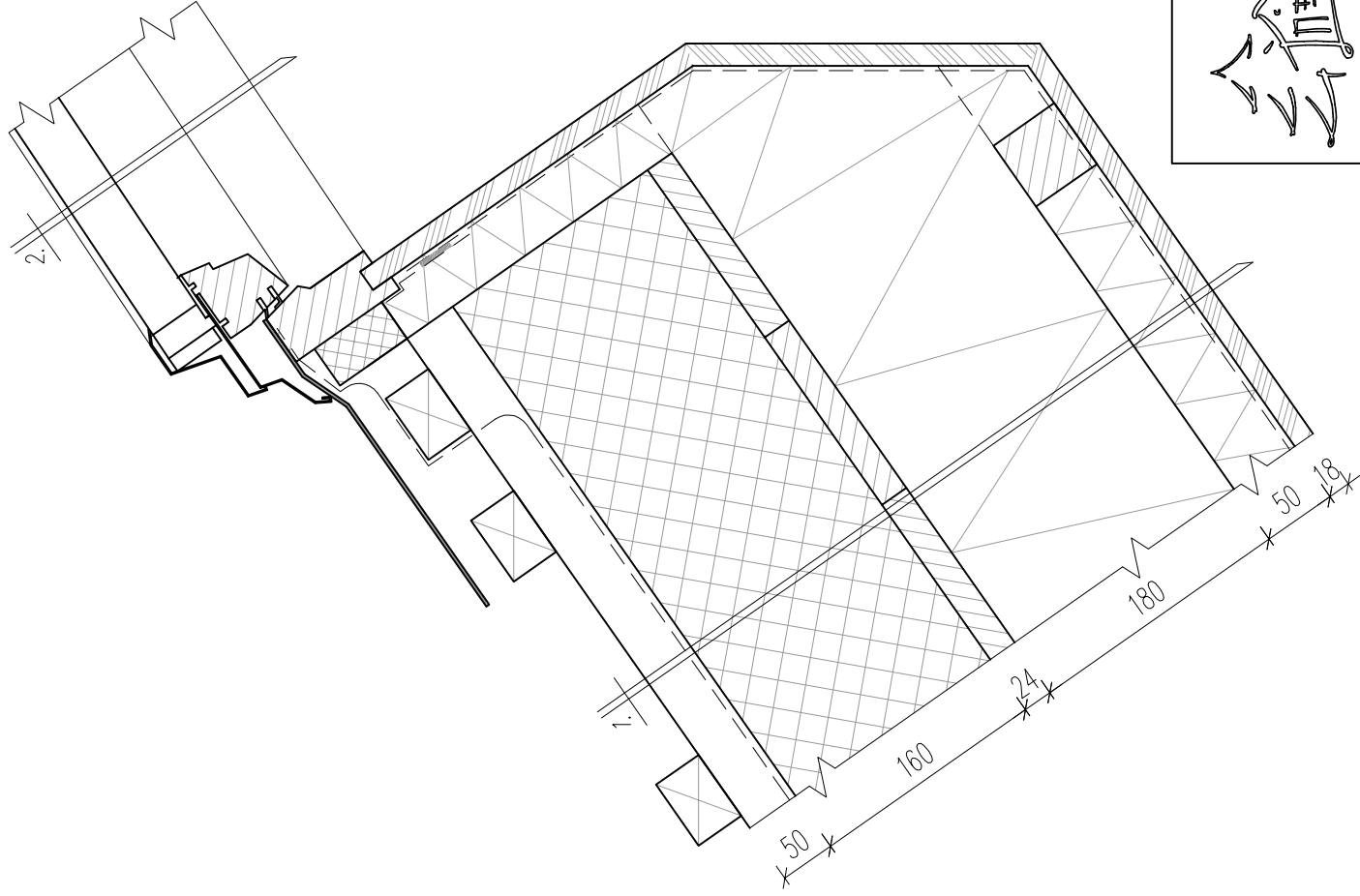
2. Tetősíkkabla

- $U_g = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $U_w = 1.049 \text{ W/m}^2\text{K} (74/140)$



Tetőablak felső oldali beépítése	
U=0.12 W/m ² K falszerkezet	
Függőleges metszet (M 1:5)	
Hantos Zoltán	

Ψ_e	0,077	W/mK
f Rsi	0,855	-
φ_{80}	0,62	-
φ_{100}	0,77	-

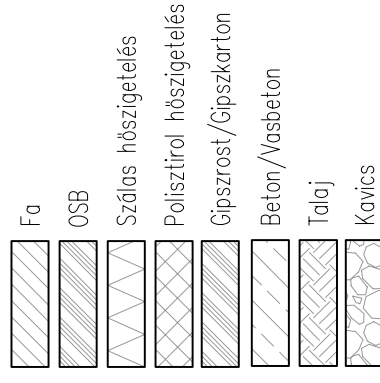


1. Tetőszerkezet, $U=0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Cserépfedés 1 rtg.
- Tetőléc 50/35 mm
- Ellenlécváz 50/50 mm
- Páraáteresztő alátét fólia
- Poliuretán szigetelőlemez 160 mm
- Deszkaterítés 24 mm
- Szaruzat 85/180 mm, közöttte
- Ásványgyapot szigetelés 180 mm
- Párazáró fólia 1 rtg.
- Szerelőléc-váz 50/50 mm, közöttte
- Légrés 50 mm
- Gipszkarton-lemez 18 mm
- Gipszes glettsimítás 0,3 mm
- Diszperziós beltéri festés 2 rtg.

2. Tetősíkablak

- $U_g = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $U_w = 1.049 \text{ W/m}^2\text{K} (74/140)$



Tetősíkablak alsó beépítése

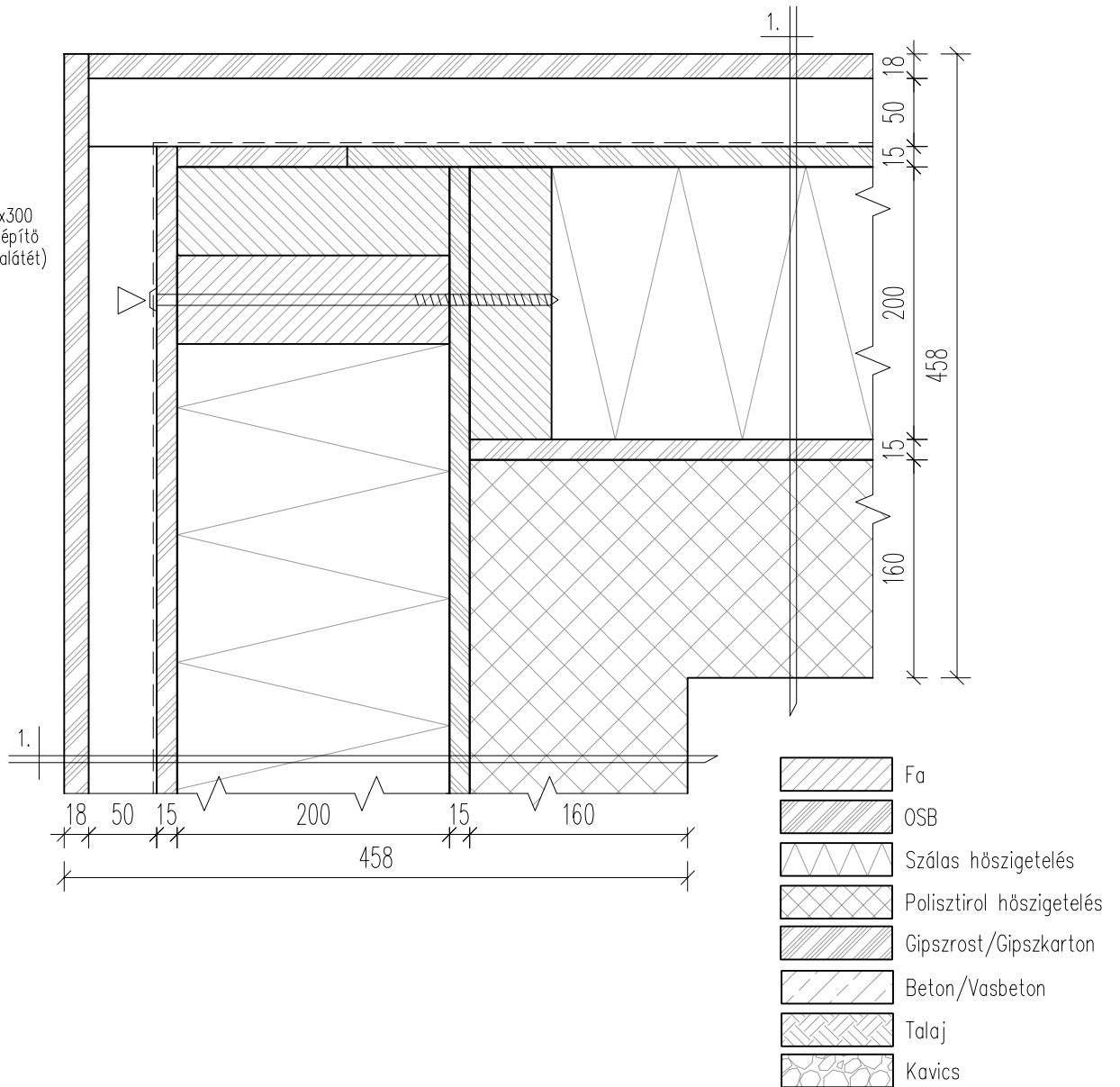
$U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet

Függőleges metszet (M 1:5)

Hantos Zoltán

Ψ_e	0,099	W/mK
f_{Rsi}	0,834	-
φ_{80}	0,60	-
φ_{100}	0,74	-

4 db $\varnothing 8 \times 300$
(szerkezetépítő
facsavar+alátét)



1. Külső falszerkezet, $U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 - Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 - Gipszkarton-lemez 18 mm
 - Szerelő lécváz 50/50 mm, közötté
 - Légrés 50 mm
 - Párazáró fólia 1 rtg.
 - OSB-3 lemez 15 mm
 - Párazáró fólia 1 rtg.
 - KVH bordaváz 60/200 mm, közötté
 - Ásványgyapot szigetelés 200 mm
 - Gipszrost-lemez 15 mm
 - Polisztirol hőszigetelő tábla 160 mm
 - Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm



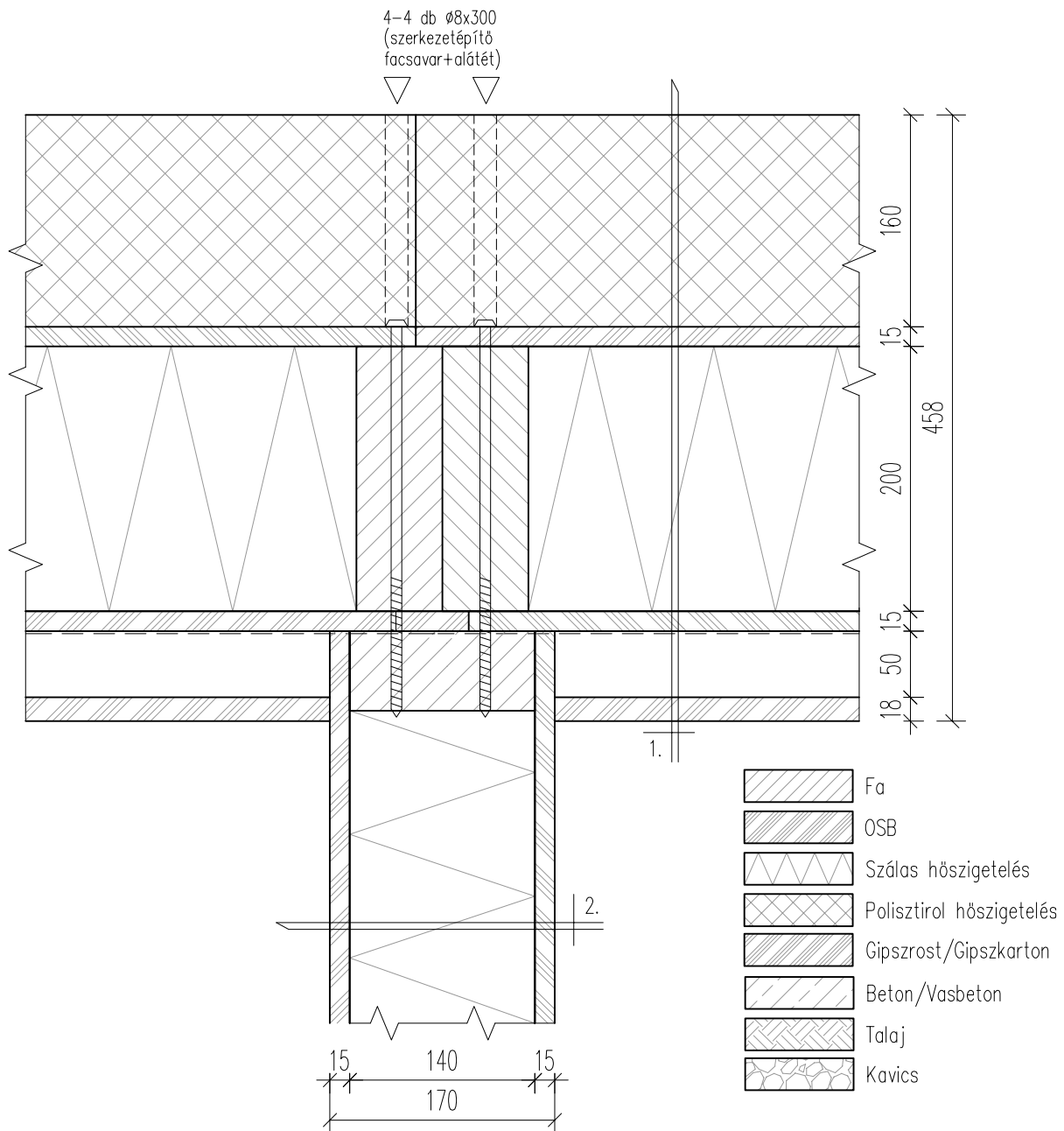
Külső falak 270°-os sarokkapcsolata

$U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet

Vízszintes metszet (M 1:5)

Hantos Zoltán

Ψ_i	-0,075	W/mK
f_{Rsi}	0,977	-
φ_{80}	0,77	-
φ_{100}	0,95	-



1. Külső falszerkezet, $U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$

Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
Gipszes glettsimítás 0,3 mm
Gipszkarton-lemez 18 mm
Szerelő lécváz 50/50 mm, közötté
Légrés 50 mm
Párazáró fólia 1 rtg.
OSB-3 lemez 15 mm
Párazáró fólia 1 rtg.
KVH bordaváz 60/200 mm, közötté
Ásványgyapot szigetelés 200 mm
Gipszrost-lemez 15 mm
Polisztirol hőszigetelő tábla 160 mm
Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

2. Belső falszerkezet

Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
Gipszes glettsimítás 0,3 mm
Gipszrost-lemez 15 mm
KVH bordaváz 60/140 mm, közötté
Ásványgyapot szigetelés 140 mm
Gipszrost-lemez 15 mm
Gipszes glettsimítás 0,3 mm
Diszperziós beltéri festés 2 rtg.



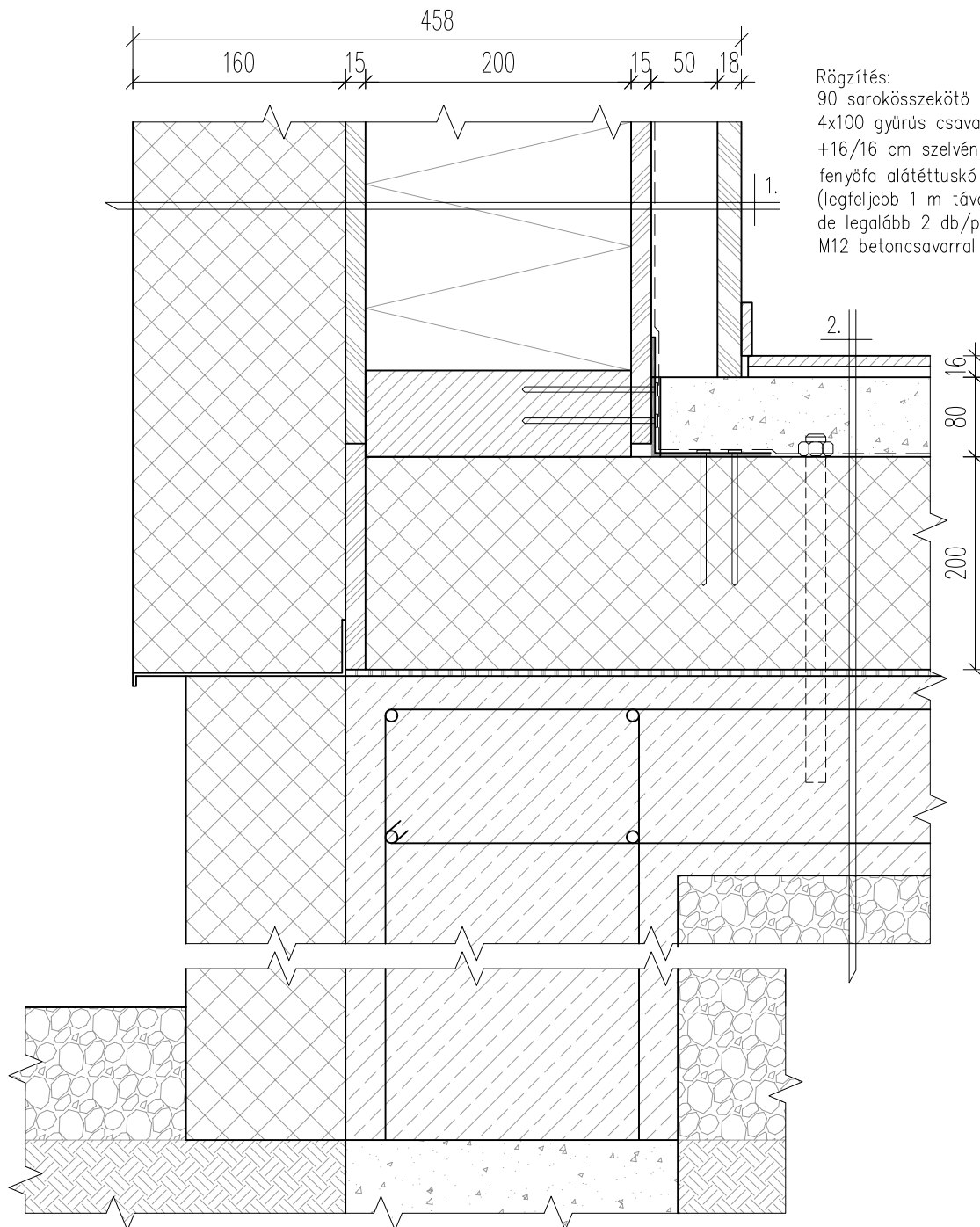
Külső falak és belső teherhordó falak T-kapcsolata

$U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet

Vízszintes metszet (M 1:5)

Hantos Zoltán

Ψ_i	-0,008	W/mK
f_{Rsi}	0,964	-
φ_{80}	0,76	-
φ_{100}	0,93	-



Rögzítés:
 90 sarokösszekötő 1 db +
 4x100 gyűrűs csavar 4-4 db
 +16/16 cm szelvényméretű telített
 fenyőfa alátétuskő (40 cm hosszú)
 (legfeljebb 1 m távolságban,
 de legalább 2 db/panel)
 M12 betonszavarral rögzítve

1. Külső falszerkezet, $U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Gipszkarton-lemez 18 mm
 Szerelő lécváz 50/50 mm, közötté
 Légrés 50 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 OSB-3 lemez 15 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 KVH bordaváz 60/200 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 200 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Polisztirol hőszigetelő tábla 160 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

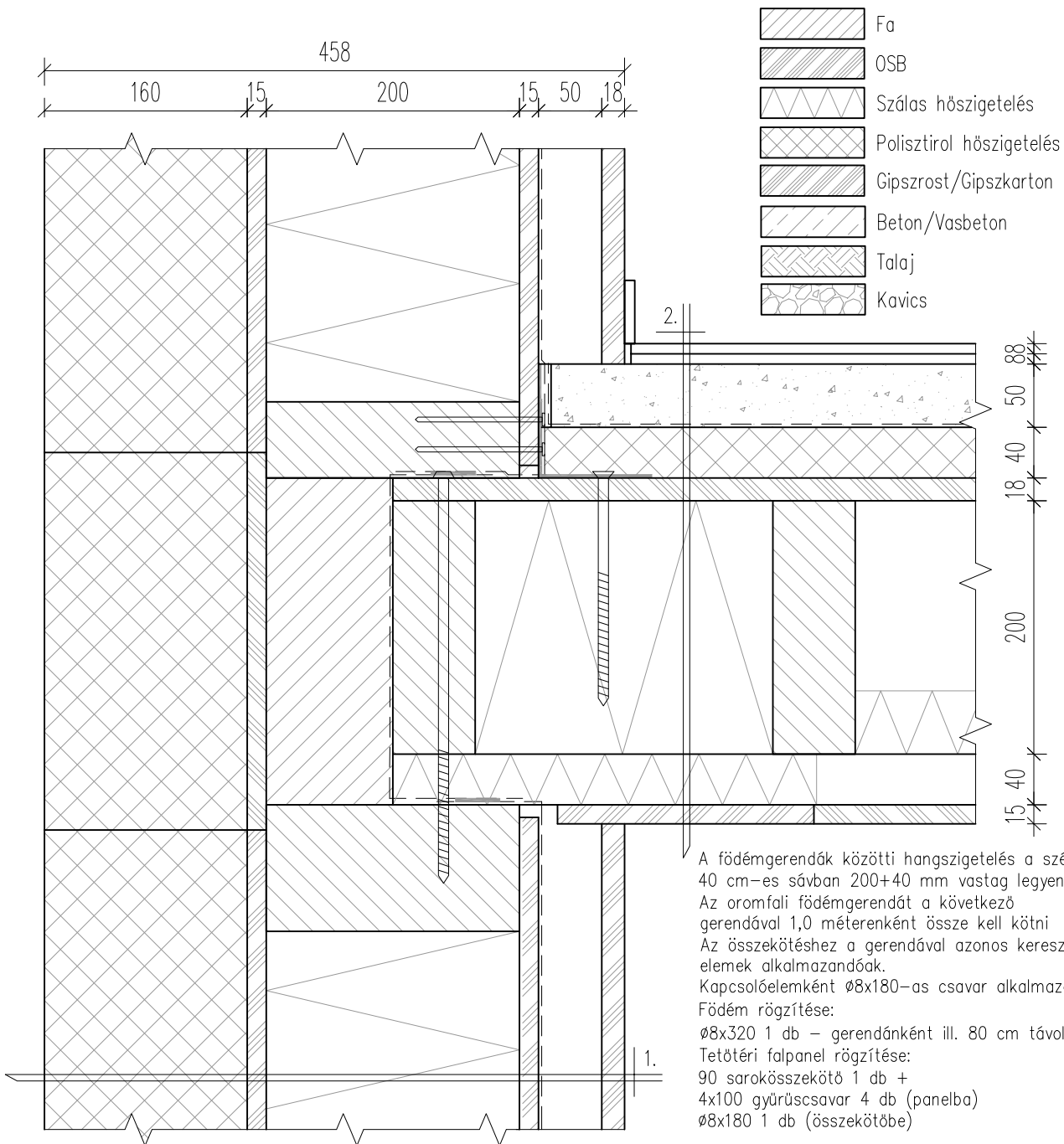
2. Talajon fekvő padló, $U=0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Padlóburkolat
 Aljzatbeton 80 mm
 Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
 Lépésálló hőszigetelés 200 mm
 Bitumenes vízszigetelés 2 rtg.
 Vasszerelt betonlemez 160 mm (C20~C25)
 Kavicságy 200 mm
 Termett talaj

	Fa
	OSB
	Szálás hőszigetelés
	Polisztirol hőszigetelés
	Gipszrost/Gipszkarton
	Beton/Vasbeton
	Talaj
	Kavics



Külső fal és lábazat kapcsolata
$U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet
Függőleges metszet (M 1:5)
Hantos Zoltán

Ψ_i	0,019	W/mK
f_{Rsi}	0,850	-
φ_{80}	0,66	-
φ_{100}	0,76	-



1. Külső falszerkezet, $U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$

Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Gipszkarton-lemez 18 mm
 Szerelő lécváz 50/50 mm, közötté
 Légrés 50 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 OSB-3 lemez 15 mm
 Párazáró fólia 1 rtg.
 KVH bordaváz 60/200 mm, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 200 mm
 Gipszrost-lemez 15 mm
 Polisztirol hőszigetelő tábla 160 mm
 Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

2. Köztes födém (beépített tetőtérhez)

Padlóburkolat
 Esztrichréteg 50 mm
 Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
 Lépésálló hőszigetelés 40 mm
 OSB 18 mm
 Födémgerendázat 60/200, közötté
 Ásványgyapot szigetelés 240 ill. 50 mm
 Gyalult lécváz 50/40 mm
 Gipszkarton-lemez 15 mm
 Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 Diszperziós beltéri festés 2 rtg.



Külső fal és köztes födém kapcsolata

$U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet

Függőleges metszet (M 1:5)

Hantos Zoltán

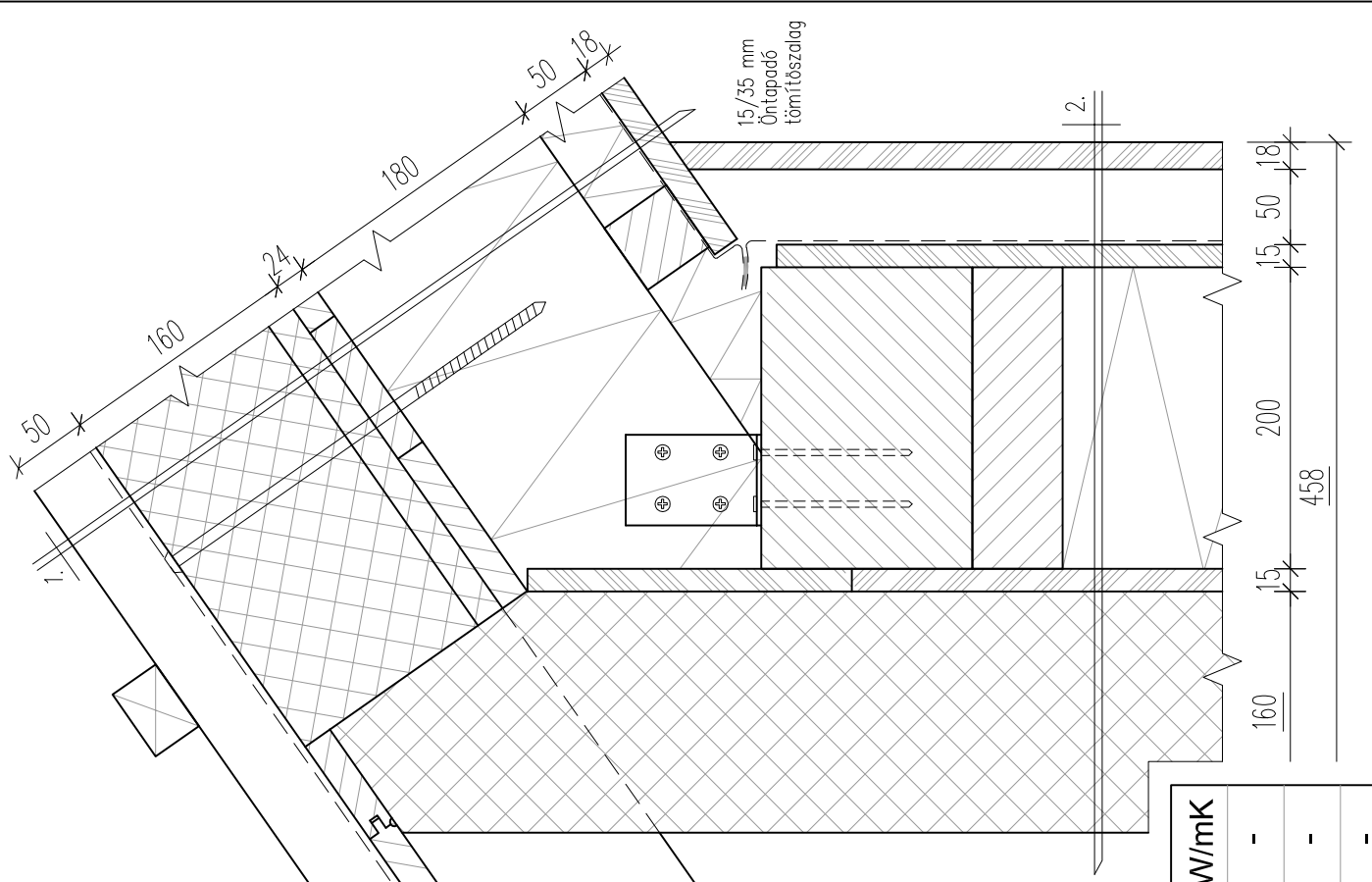
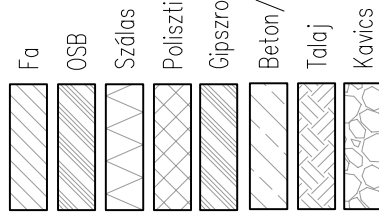
Ψ_e	-0,007	W/mK
f_{Rsi}	0,959	-
φ_{80}	0,75	-
φ_{100}	0,92	-

1. Tetőszerkezet, U=0.10 W/m²K

- Cserépfedés 1 rtg.
- Tetőléc 50/35 mm
- Ellenlécváz 50/50 mm
- Páraáteresztő alátétfólia
- Poliuretán szigetelőlemez 160 mm
- Deszkaterítés 24 mm
- Szaruzat 85/180 mm, közötté
- Ásványgyapot szigetelés 180 mm
- Párazáró fólia 1 rtg.
- Szerelőléc-váz 50/50 mm, közötté
- Légrés 50 mm
- Gipszkarton-lemez 18 mm
- Gipszes glettsimítás 0,3 mm
- Diszperziós beltéri festés 2 rtg.

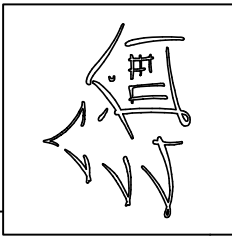
2. Külső falszerkezet, U=0.12 W/m²K

- Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
- Gipszes glettsimítás 0,3 mm
- Gipszkarton-lemez 18 mm
- Szerelőlécváz 50/50 mm, közötté
- Légrés 50 mm
- Párazáró fólia 1 rtg.
- OSB-3 lemez 15 mm
- Párazáró fólia 1 rtg.
- KVH bordaváz 60/200 mm, közötté
- Ásványgyapot szigetelés 200 mm
- Gipszrost-lemez 15 mm
- Polisztirol hőszigetelő tábla 160 mm
- Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm



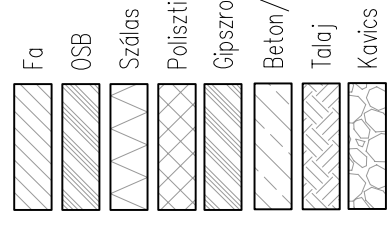
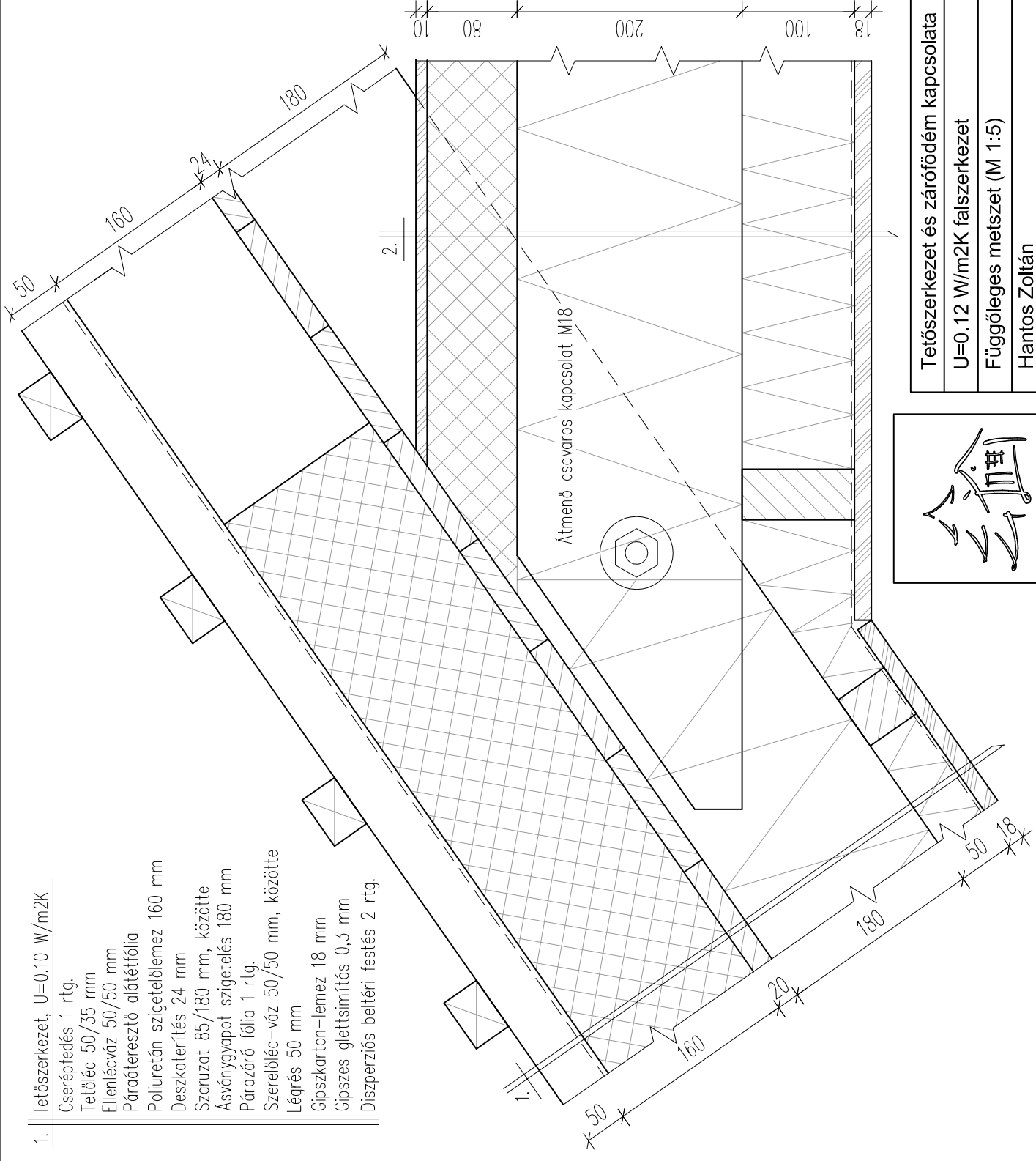
Ψ_e	0,035	W/mK
f _{Rsi}	0,909	-
φ_{80}	0,71	-
φ_{100}	0,85	-

Térfal és szárufa kapcsolata
U=0.12 W/m ² K falszerkezet
Függőleges metszet (M 1:5)
Hantos Zoltán



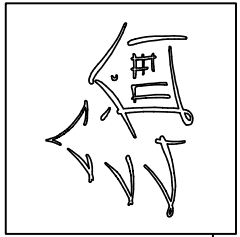
1. Tetőszerkezet, $U=0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Cserépfedés 1 rtg.
 - Tetőléc 50/35 mm
 - Ellenlécváz 50/50 mm
 - Páraáteresztő alátétfólia
 - Poliuretán szigetelőlemez 160 mm
 - Deszkaterítés 24 mm
 - Szaruzat 85/180 mm, közötté
 - Ásványgyapot szigetelés 180 mm
 - Párazáró fólia 1 rtg.
 - Szerelőléc-váz 50/50 mm, közötté
 - Légrés 50 mm
 - Gipszkarton-lemez 18 mm
 - Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 - Diszperziós beltéri festés 2 rtg.

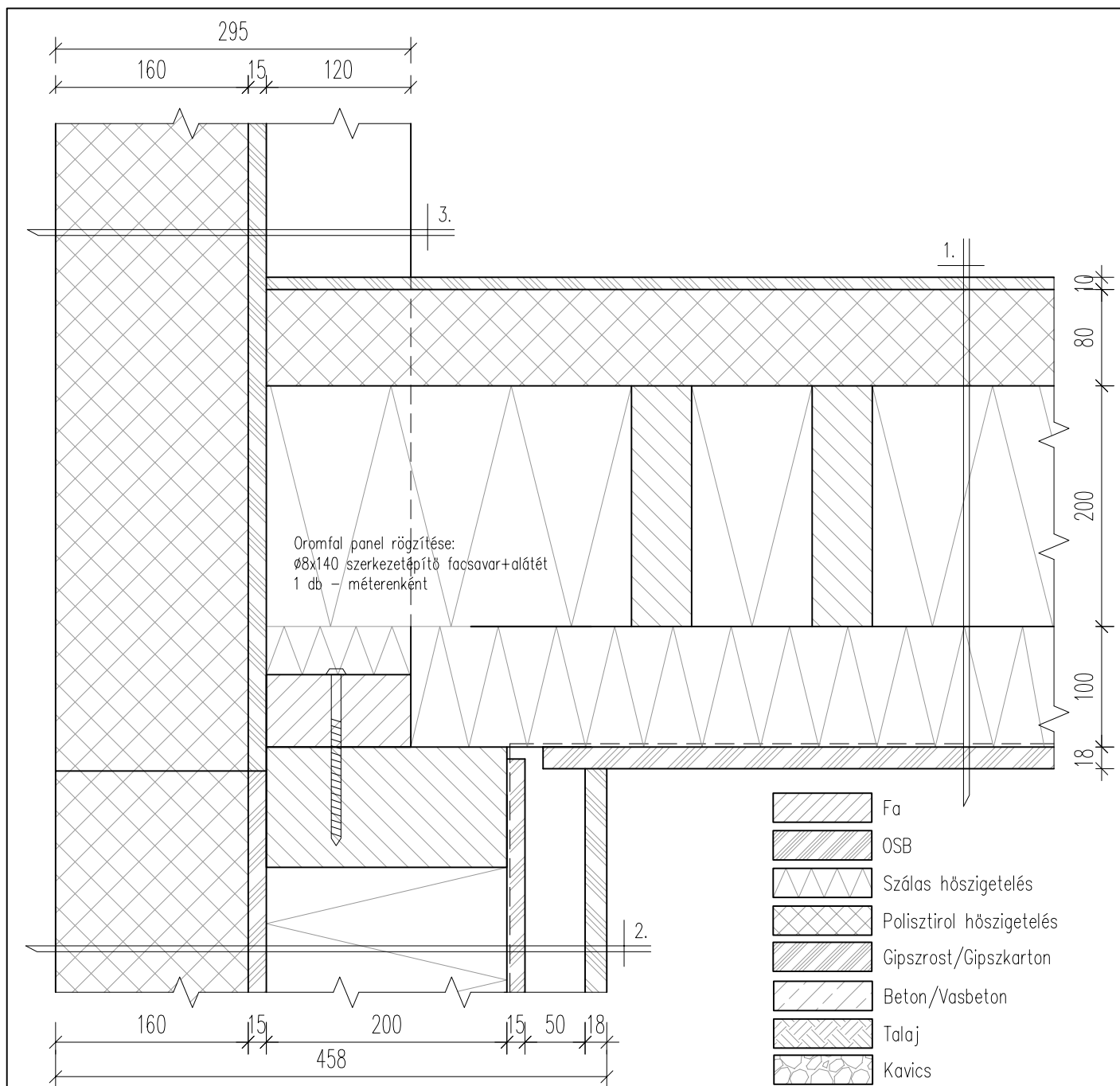
2. Zárófödém, $U=0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Farostlemez felület 10 mm
 - Polisztirol padlásburkoló lemez 80 mm
 - Fogópárok 2x50/200 mm, közötté
 - Ásványgyapot szigetelés 200 mm
 - Szerelő lécváz 50/100 mm, közötté
 - Ásványgyapot szigetelés 100 mm
 - Párazáró fólia 1 rtg.
 - Gipszkarton-lemez 18 mm
 - Gipszes glettsimítás 0,3 mm
 - Diszperziós beltéri festés 2 rtg.



Tetőszerkezet és zárófödém kapcsolata	
$U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet	
Függőleges metszet (M 1:5)	
Hantos Zoltán	

Ψ_e	$-0,003$	W/mK
f_{Rsi}	$0,932$	-
φ_{80}	$0,73$	-
φ_{100}	$0,88$	-





1. Zárófödém, $U=0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$

Farostlemez felület 10 mm
Polisztirol padlásburkoló lemez 80 mm
Fogópárok 2x50/200 mm, közötté
Ásványgyapot szigetelés 200 mm
Szerelő lécváz 50/100 mm, közötté
Ásványgyapot szigetelés 100 mm
Párazáró fólia 1 rtg.
Gipszkarton-lemez 18 mm
Gipszes glettsimítás 0,3 mm
Diszperziós beltéri festés 2 rtg.

2. Külső falszerkezet, $U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$

Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
Gipszes glettsimítás 0,3 mm
Gipszkarton-lemez 18 mm
Szerelő lécváz 50/50 mm, közötté
Légréz 50 mm
Párazáró fólia 1 rtg.
OSB-3 lemez 15 mm
Párazáró fólia 1 rtg.
KVH bordaváz 60/200 mm, közötté
Ásványgyapot szigetelés 200 mm
Gipszrost-lemez 15 mm
Polisztirol hőszigetelő tábla 160 mm
Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

3. Oromfal

KVH bordaváz 60/120 mm
Gipszrost-lemez 15 mm
Polisztirol hőszigetelő tábla 160 mm
Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm



Külső fal és köztes földem kapcsolata

$U=0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$ falszerkezet

Függőleges metszet (M 1:5)

Hantos Zoltán

Ψ_e	0,013	W/mK
f_{Rsi}	0,927	-
φ_{80}	0,72	-
φ_{100}	0,87	-

1. Külső falszerkezet, $U=0.12$ W/m²K

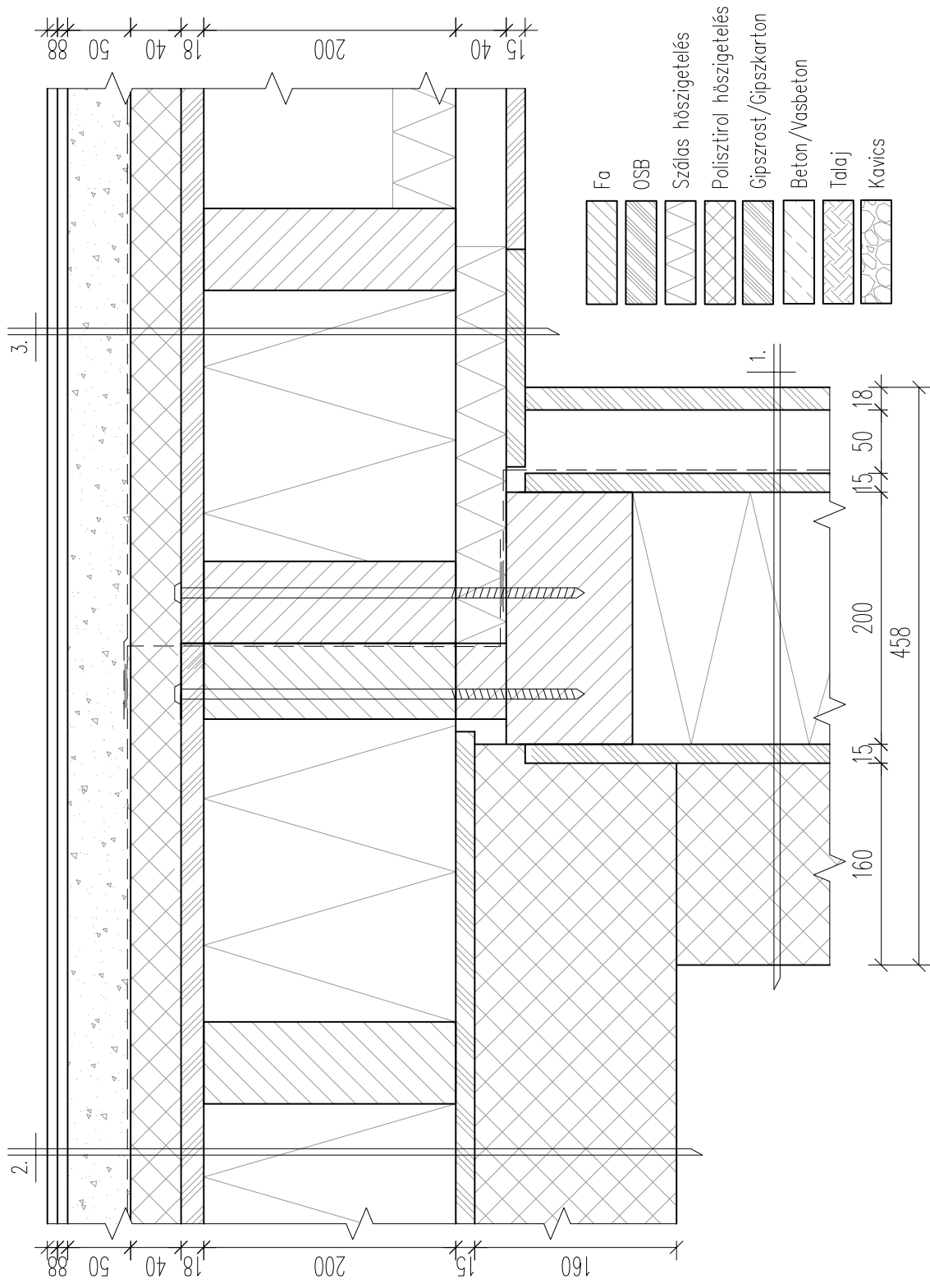
- Diszperziós beltéri festés 2 rtg.
- Gipszes glettsimítás 0,3 mm
- Gipszkarton-lemez 18 mm
- Szerelő lécváz 50/50 mm, közötté
- Légrés 50 mm
- Párázáró fólia 1 rtg.
- OSB-3 lemez 15 mm
- Párázáró fólia 1 rtg.
- KVH bordaváz 60/200 mm, közötté
- Ásványgyapot szigetelés 200 mm
- Gipszrost-lemez 15 mm
- Polisztirol hőszigetelő tábla 160 mm
- Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

2. Árkádfödém, $U=0.12$ W/m²K

- Padióburkolat
- Esztrichréteg 50 mm
- Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
- Lépcsőálló hőszigetelés 40 mm
- OSB 18 mm
- Födémgerendázat 60/200, közötté
- Ásványgyapot szigetelés 200 mm
- Gipszrost-lemez 15 mm
- Polisztirol hőszigetelő tábla 160 mm
- Homlokzati nemesvakolat-rendszer 5 mm

3. Köztes födém (beépített tetőtérhez)

- Padióburkolat
- Esztrichréteg 50 mm
- Technológiai szigetelés (PVC fólia) 1 rtg.
- Lépcsőálló hőszigetelés 40 mm
- OSB 18 mm
- Födémgerendázat 60/200, közötté
- Ásványgyapot szigetelés 240 ill. 50 mm
- Gyalult lécváz 50/40 mm
- Gipszkarton-lemez 15 mm
- Gipszes glettsimítás 0,3 mm
- Diszperziós beltéri festés 2 rtg.



A födémgerendák közötti hangszigetelés a szélső 40 cm-es sávban 200+40 mm vastag legyen!
 A felfekvő födémgerendát a következő gerendával 1,0 méterenként össze kell kötni
 Az összekötéshez a gerendával azonos keresztmetszetű elemek alkalmazandóak.
 Kapcsolóelemként Ø8x180-as csavar alkalmazandó.
 Födém rögzítése:
 Ø8x320 1 db – gerendánként ill. 80 cm távolságokban
 Az árkádfödém gerendája alá 4 cm-es párnafát kell fektetni!

Ψ_e	-0,067	W/mK
f_{Rsi}	0,977	-
φ_{80}	0,77	-
φ_{100}	0,95	-

Köztes födém és árkádfödém kapcsolata

$U=0.12$ W/m²K falszerkezet

Függőleges metszet (M 1:5)

Hantos Zoltán



Az épület gépészeti bemutatása, energetikai számítások és az ötféle gépészeti rendszer összehasonlítása

A bemutatásra kerülő épület energiát használ fel a komfortérzet biztosítása érdekében. Komfort alatt lakóépületek esetében a megfelelő nyári-téli hőérzetet és a megfelelő hőfokú használati meleg vizet értjük. A belső térben való tartózkodásra alkalmas hőmérsékletet folyamatosan biztosítani kell. Ehhez szükséges energiameennyiséget az épületszerkezet hőtechnikai minősége mellett a telepített épületgépészeti rendszerek hatásfoka, azok veszteségei határozzák meg.

A **0.12 jelű épületet** öt különböző gépészeti rendszerrel vizsgáljuk, amelyek az épület fűtését, használati melegvíz-ellátását és szellőzését biztosítják. A vizsgálandó gépészeti rendszerek a következők:

G1: Fűtés és használati melegvíz-előállítás kondenzációs kombi gázkazánal

A gépészeti helyiségben elhelyezésre kerül egy 20 kW névleges teljesítményű kondenzációs kombi kazán, amely a fűtést és a használati melegvíz-ellátást is biztosítja. A kazánt gázmérőn keresztül a települési földgáz vezetékre kell csatlakoztatni. A kazán égéstermék elvezetését szétválasztott rendszerű 80/80 mm méretű PP-gyári égéstermék elvezető rendszer végzi. Az égéstermék elvezető csövek a gépészeti helyiségen belül szabadon szereltek, a tetőtéri szobán áthaladó égéstermék elvezető cső pedig tűzgátló gipszkarton burkolattal alakítható ki. A fűtési rendszer hőleadó elemei acéllemez lapradiátorok, a fürdőszobában csőradiátor. A helyiség hőmérsékletek pontos szabályozhatósága érdekében a radiátorokat termosztatikus fejvel kell ellátni, így a használaton kívüli csökkentett fűtés lehetősége is megvalósítható, illetve a túlfűtés elkerülhető. A használati melegvíz-ellátást ugyanez a kazán biztosítja, átfolyós üzemmódban. A csapolók és a kazán között cirkulációs rendszer nem épül. A fűtési és használati melegvíz-termelő rendszer szabályozását a kazán automatikája biztosítja. A radiátoros fűtési kör időjárásfüggő előremenő hőmérsékletű vízzel üzemel.

G2: Fűtés és használati melegvíz-előállítás faelgázosító kazánal, fűtésre és használati meleg vízre külön indirekt pufferrel tárolóval kombinálva

A gépészeti helyiségben elhelyezésre kerül egy 20 kW névleges teljesítményű faelgázosító kazán, amely a fűtést és a használati melegvíz-ellátást is biztosítja. Fűtési oldalon egy fűtési puffertárolót helyezünk el, amely a kazán által megtermelt energiát tárolja, valamint használati melegvíz-oldalon elhelyezünk egy 120 literes indirekt tárolót. A kazán égéstermék elvezetését Schiedel-Leier típusú, épített kémény végzi, a kazán égési levegő ellátását pedig a helyiség kültérbe nyíló nyílászáróján keresztül biztosítjuk. A fűtési rendszer hőleadó elemei acéllemez lapradiátorok, a fürdőszobában csőradiátor kerül beépítésre. A helyiség hőmérsékletek pontos szabályozhatósága érdekében a radiátorokat termosztatikus fejvel kell ellátni, így a használaton kívüli csökkentett fűtés lehetősége is megvalósítható, illetve a túlfűtés elkerülhető. A radiátoros fűtési kör a pufferről csatlakozik le, saját keringető szivattyúval és keverőszelleppel. A használati melegvíz-ellátást a 120 literes indirekt bojlerrel biztosítjuk. A csapolók és a bojler között cirkulációs rendszer épül. A fűtési és használati melegvíz-termelő rendszer szabályozását a kazán automatikája biztosítja. A radiátoros fűtési kör időjárásfüggő előremenő hőmérsékletű vízzel üzemel. A cirkulációs szivattyú időprogram szerint üzemel.

G3: Fűtés és használati melegvíz-előállítás faelgázosító kazánal, fűtésre és használati meleg vízre külön indirekt pufferrel tárolóval kombinálva, használati meleg vízre napkollektoros rásegítéssel

A G2-változattal azonos rendszer, de használati melegvíz-ellátásra egy nagyméretű tárolót helyezünk el, ami-be a kazánon kívül a napkollektor vezetékeit is bekötjük. A gépészeti helyiségben elhelyezésre kerül egy 20 kW névleges teljesítményű faelgázosító kazán, amely a fűtést és a használati melegvíz-ellátást is biztosítja. Fűtési oldalon egy fűtési puffertárolót helyezünk el, amely a kazán által megtermelt energiát tárolja, valamint a használati melegvíz-oldalon elhelyezünk egy 300 literes, kéthőcserélős indirekt tárolót. A tetőn elhelyezésre kerül 3 db 2 m² felületű napkollektor. A napkollektorok a kéthőcserélős tároló alsó hőcserélőjét fűtik. Számítások alapján – egy 4 fős család esetén – a fenti rendszer az éves melegvíz-ellátás 60%-át fedezi, így csak a fennmaradó 40%-ot kell a faelgázosító kazánnak biztosítania. Opcióként beépíthető a tárolóba egy harmadik, elektromos fűtőpatron is, amivel elkerülhető a kazán használata az átmeneti időszakban. A kazán égéstermék elvezetését Schiedel-Leier típusú, épített kémény végzi, a kazán égési levegő ellátását pedig a helyiség kültérbe nyíló nyílászáróján keresztül biztosítjuk. A fűtési rendszer hőleadói acéllemez lapradiátorok, a fürdőszobában csőradiátor készül. A helyiség hőmérsékletek pontos szabályozhatósága érdekében a radiátorokat termosztatikus fejvel kell ellátni, így a hasz-

nálaton kívüli csökkentett fűtés lehetősége is megvalósítható, illetve a túlfűtés elkerülhető. A radiátoros fűtési kör a pufferről csatlakozik le, saját keringető szivattyúval és keverőszeleppel. A használati melegvíz-ellátást a 300 literes kéthőcserélős indirekt bojlerrel biztosítjuk. A csapolók és a bojler között cirkulációs rendszer épül. A fűtési és használati melegvíz-termelő rendszer szabályozását a kazán automatikája biztosítja. A radiátoros fűtési kör időjárásfüggő előremenő hőmérsékletű vízzel üzemel. A cirkulációs szivattyú időprogram szerint üzemel.

Megjegyzés: a napkollektorokat fűtés-rásegítésre nem javasolt használni, illetve csak abban az esetben, ha a nyáron keletkező hulladékhő valamilyen módon – például kültéri medence fűtésére – hasznosítható.

G4: Fűtés és használati melegvíz-előállítás faelgázosító kazánal, fűtésre és használati meleg vízre külön indirekt pufferral tárolóval kombinálva, hő visszanyerős lakásszellőző alkalmazásával

A G2-változattal azonos rendszer, a fűtési és használati melegvíz-ellátó rendszer kiegészül egy központi hővisszanyerős lakásszellőzővel. A gépészeti helyiségben elhelyezésre kerül egy 20 kW névleges teljesítményű faelgázosító kazán, amely a fűtést és a használati melegvíz-ellátást is biztosítja. Fűtési oldalon egy fűtési puffertárolót helyezünk el, amely a kazán által megtermelt energiát tárolja, valamint használati melegvíz-oldalon elhelyezünk egy 120 literes indirekt tárolót. A kazán égéstermék elvezetését Schiedel-Leier típusú, épített kémény végzi, a kazán égési levegő ellátását pedig a helyiség kültérbe nyíló nyílászáróján keresztül biztosítjuk. A fűtési rendszer hőleadói acéllemezzel lapradiátorok, a fürdőszobában csőradiátor kerül beépítésre. A helyiség hőmérsékletek pontos szabályozhatósága érdekében a radiátorokat termosztatikus fejjel kell ellátni, így a használaton kívüli csökkentett fűtés lehetősége is megvalósítható, illetve a túlfűtés elkerülhető. A radiátoros fűtési kör a pufferről csatlakozik le, saját keringető szivattyúval és keverőszeleppel. A használati melegvíz-ellátást a 120 literes indirekt bojlerrel biztosítjuk. A csapolók és a bojler között cirkulációs rendszer épül. A fűtési és használati melegvíz-termelő rendszer szabályozását a kazán automatikája biztosítja. A radiátoros fűtési kör időjárásfüggő előremenő hőmérsékletű vízzel üzemel. A cirkulációs szivattyú időprogram szerint üzemel. Az épületben központi gépi szellőzés készül. A hővisszanyerős szellőztető berendezés a földszinti gépészeti helyiségben kerül elhelyezésre. A berendezés névleges térfogatárama 200 m³/h. A befűvési pontokat a lakóterekben, azaz a hálószobákban és a nappaliban kell elhelyezni, a visszaszívási pontokat pedig a konyhában, fürdőben és a WC-kben. A helyiségek közötti átszellőzést ajtórésszel vagy ajtóráccsal kell biztosítani.

G5: Fűtés és használati melegvíz-előállítás faelgázosító kazánal, fűtésre és használati meleg vízre külön indirekt pufferral tárolóval kombinálva, használati meleg vízre napkollektoros rásegítéssel, hő visszanyerős lakásszellőző alkalmazásával

A G2-változattal azonos rendszer, de használati melegvíz-ellátásra egy nagyméretű tárolót helyezünk el, a tárolót a kazán mellett napkollektor is tudja fűteni, a rendszer ezen kívül kiegészül egy központi hővisszanyerős lakásszellőzővel is. A gépészeti helyiségben elhelyezésre kerül egy 20 kW névleges teljesítményű faelgázosító kazán, amely a fűtést és a használati melegvíz-ellátást is biztosítja. Fűtési oldalon egy fűtési puffertárolót helyezünk el, amely a kazán által megtermelt energiát tárolja, valamint használati melegvíz-oldalon elhelyezünk egy 300 literes, kéthőcserélős indirekt tárolót. A tetőn elhelyezésre kerül 3 db 2 m² felületű napkollektor. A napkollektorok a kéthőcserélős tároló alsó hőcserélőjét fűtik. Számítások alapján – egy 4 fős család esetén – a fenti rendszer az éves melegvíz-ellátás 60%-át fedezi, így csak a fennmaradó 40%-ot kell a faelgázosító kazánal biztosítani. Opcióként beépíthető a tárolóba egy harmadik, elektromos fűtőpatron is, amivel elkerülhető a kazán használata az átmeneti időszakokban. A kazán égéstermék-elvezetését Schiedel-Leier típusú, épített kémény végzi, a kazán égési levegő-ellátását pedig a helyiség kültérbe nyíló nyílászáróján keresztül biztosítjuk. A fűtési rendszer hőleadói acéllemezzel lapradiátorok, a fürdőszobában csőradiátor kerül beépítésre. A helyiség hőmérsékletek pontos szabályozhatósága érdekében a radiátorokat termosztatikus fejjel kell ellátni, így a használaton kívüli csökkentett fűtés lehetősége is megvalósítható, illetve a túlfűtés elkerülhető. A radiátoros fűtési kör a pufferről csatlakozik le, saját keringető szivattyúval és keverőszeleppel. A használati melegvíz-ellátást a 300 literes kéthőcserélős indirekt bojlerrel biztosított. A csapolók és a bojler között cirkulációs rendszer épül. A fűtési és használati melegvíz-termelő rendszer szabályozását a kazán automatikája biztosítja. A radiátoros fűtési kör időjárásfüggő előremenő hőmérsékletű vízzel üzemel. A cirkulációs szivattyú időprogram szerint üzemel. Az épületben központi gépi szellőzés készül. A hővisszanyerős szellőztető berendezés a földszinti gépészeti helyiségben kerül elhelyezésre. A berendezés névleges térfogatárama 200 m³/h. A befűvési pontokat a lakóterekben, azaz a hálószobákban és a nappaliban kell elhelyezni, a visszaszívási pontokat pedig a konyhában, fürdőben és a WC-kben. A helyiségek közötti átszellőzést ajtórésszel vagy ajtóráccsal kell biztosítani.

Megjegyzés: a napkollektorokat fűtés-rásegítésre nem javasolt használni, illetve csak abban az esetben, ha a nyáron keletkező hulladékhő valamilyen módon – például kültéri medence fűtésére – hasznosítható.

Értékelés

Az energiaigények számításához alapvetően szükséges az épület teljes hőveszteségének ismerete. Ennek

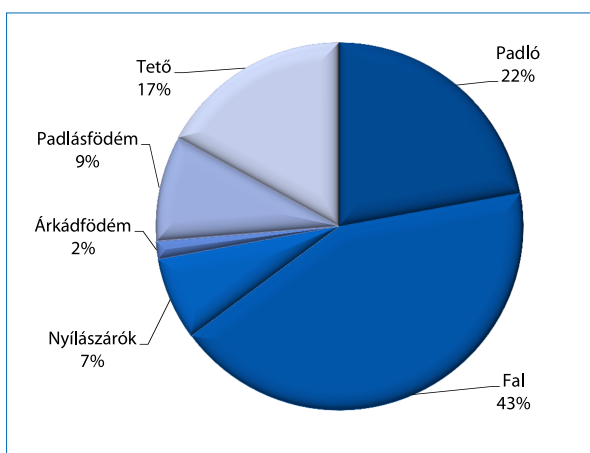
meghatározásához az egyes térelhatároló szerkezetek U [W/m^2K] hőátbocsátási tényezőjét az A [m^2] lehűlő felülettel kell szorozni, majd a szorzatokat összegezni. Vonalmenti szerkezeti részek (hőhidak) esetében ugyanez a hőveszteség a vonalmenti hőveszteségtényező ψ [W/mK] és a hosszúság L [m] szorzataként születik. Hőhidak esetében 26 különböző csomóponti hőhidveszteségi tényezőt találunk a korábban bemutatott épületben, összesen 313 m hosszúságban. A nyílászárók hőátbocsátási tényezői aszerint változnak, hogy ablakról, tetősík ablakról, vagy üvegezetlen ajtóról van-e szó. Emiatt a vonalmenti hőhidak hőveszteségeit és a nyílászárók hőátbocsátási tényezőit a könnyebb áttekinthetőség érdekében átlagos értékekkel mutatjuk be.

A számított hőveszteségeket a bemutatott mintaház esetén a 7. táblázat tartalmazza, míg az 1. diagramon és 2. diagramon a megoszlásukat mutatjuk be.

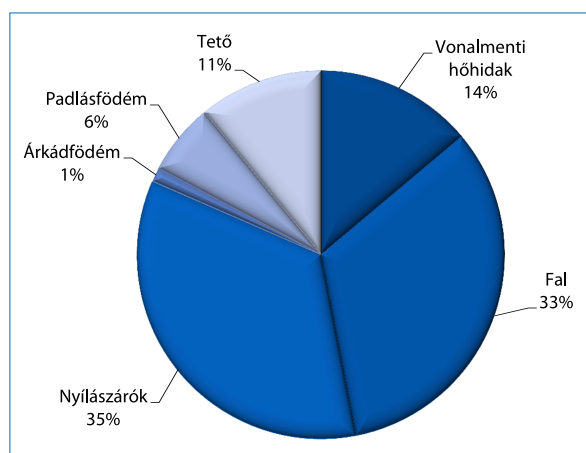
7. táblázat A hőveszteségek megoszlása a különböző épületszerkezeteken

		A [m^2], L [m] ¹	U [W/m^2K], Ψ [W/mK] ¹	A*U, L* Ψ [W/K] ¹	hőveszteség megoszlása
0.12	Vonalmenti hőhidak ¹	312,62	0,023	7,18	13,89%
	Fal	143,54	0,12	17,08	33,06%
	Nyílászárók	24,46	0,73	17,87	34,58%
	Árkádfödém	5,32	0,12	0,64	1,25%
	Padlásfödém	31,23	0,10	3,25	6,29%
	Tető	57,06	0,10	5,65	10,94%
	Összesen			51,67	100,00%

¹A mértékegység csak az azonos jelölésű szerkezeti részre vonatkozik



1. diagram A különböző épületszerkezetek lehűlő felületeinek megoszlása



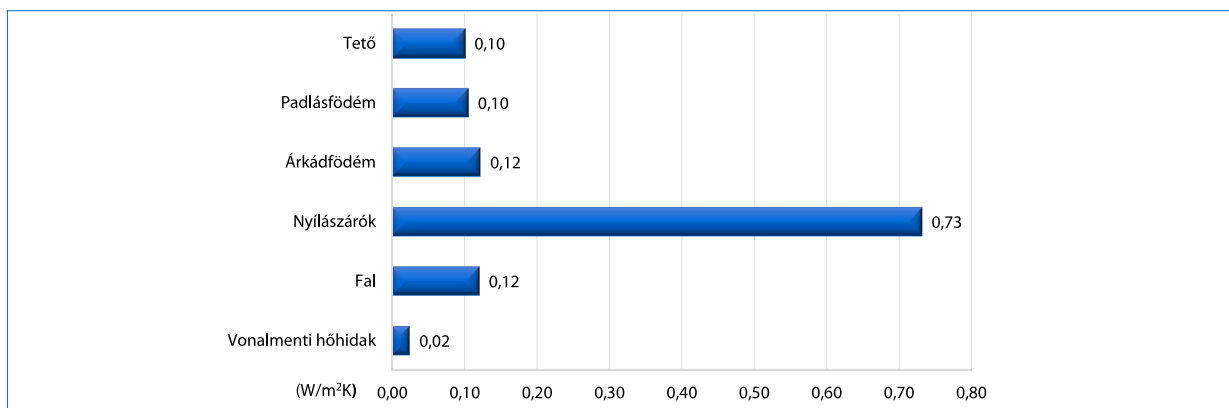
2. diagram Hőveszteségek megoszlása a különböző épületszerkezeteken

Látható, hogy az épületszerkezetek közül a lehűlő felületek arányához képest a nyílászáróknak kiugróan nagy a hővesztesége. Emellett a falak hővesztesége is jelentős. A falak képezik a legnagyobb lehűlő felületet, ezért érthető a nagy érték. A nyílászárók esetében azonban a magyarázat abban rejlik, hogy a hőátbocsátási tényezők – a korszerű technológia ellenére – jelentősen elmaradnak az épületszerkezetek rétegtervi hőátbocsátási tényezőihez képest (3. diagram).

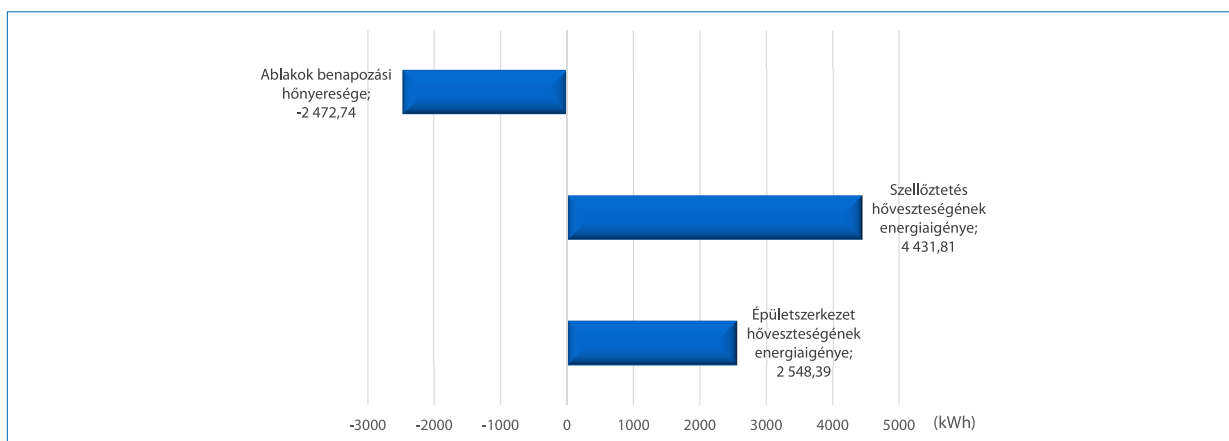
Az épület fűtési hőenergia-igényét az épületszerkezetek hővesztesége, a szellőzési hőveszteség és a nyílászárók üvegfelületeinek szoláris hőnyeresége határozza meg. E szerint a bemutatott épületet két csoportba sorolhatjuk: az egyik csoport, ahol a 'G1', 'G2', 'G3' jelű épületgépészeti rendszerek üzemelnek (4. diagram) (nem alkalmazunk hővisszanyerős szellőztető rendszert), a másik a 'G4', 'G5' jelű épületgépészeti rendszer (5. diagram) (hővisszanyerős szellőztető rendszert alkalmazunk).

A légcsereszámot $n = 0,5$ [1/h] értékkel vettük figyelembe a számítások során. A 4. diagramon látható, hogy a szellőzési hőenergiaigény közel duplája az épületszerkezetek hővesztesége miatti hőenergiaigénynek. A 70%-os hatásfokkal üzemelő szellőző berendezés esetén (5. diagram) a szellőztetés hőenergia-igénye harmadára csökken, és így a teljes fűtési hőenergia-igény is jelentősen csökken (6. diagram). Az üvegfelületek sugárzási hőnyereségének fontos szerep jut.

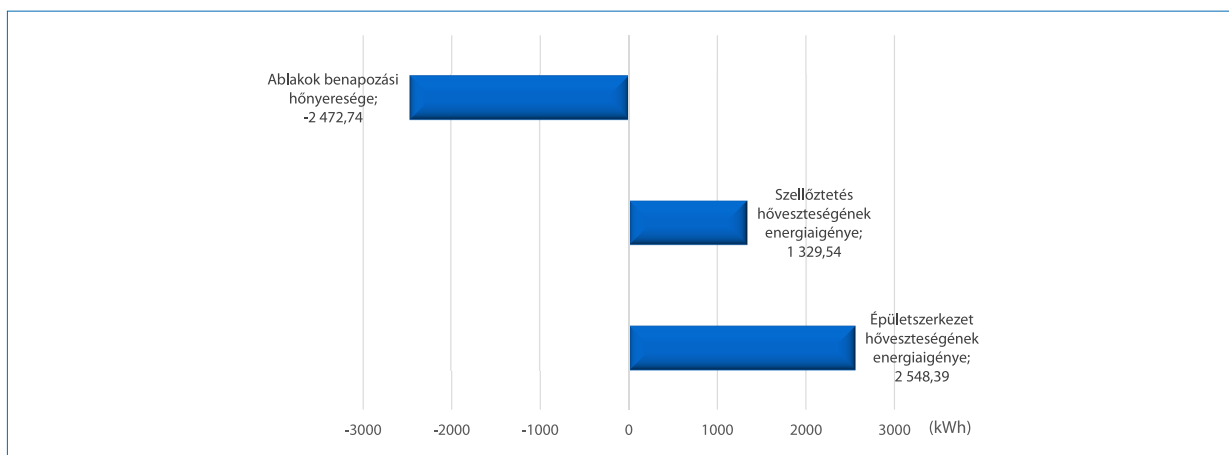
Az épület fűtési primer energiaigénye figyelembe veszi a kazánok hatásfokát, a fűtési hőenergiaigényt, a



3. diagram Az épületszerkezetek hőátbocsátási tényezőinek ábrázolása



4. diagram A fűtési hőenergiaigény összetevői és azok megoszlása, ha nem üzemeltetünk hőcserélős szellőztető rendszert (G1, G2, G3)



5. diagram A fűtési hőenergiaigény összetevői és megoszlása, ha hőcserélős szellőztető rendszert üzemelünk (G4, G5)

hőelosztás és hőtárolás (puffer) veszteségeit, illetve a hőelosztás (szivattyúk), hőtárolás és a kazán villamos segédenergia-igényét.

Ezen kívül nagyon fontos, hogy a felhasznált energiahordozó fajtája is jelentősen befolyásolhatja a fűtési primer energiában kifejezett energiaszükségletét. Ez annak függvénye, hogy az alkalmazott energiahordozó fosszilis (földgáz) vagy biomassza alapú (tűzifa).

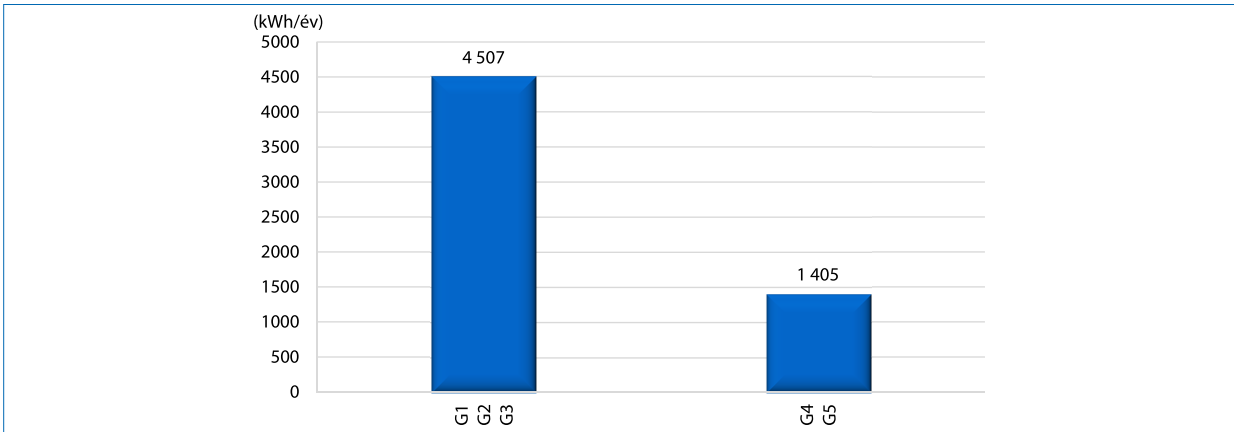
A 7. diagram mutatja be, hogy az egyes gépészeti rendszerek esetén mennyi az éves energiaigénye a fűtési rendszernek – primer energiában kifejezve. A földgáz energiahordozó a tűzifához képest kedvezőtlenebb értéket mutat. Ez elsősorban a biomassza alacsonyabb primer energiaátalakítási tényezője miatt van ($e_{\text{földgáz}}=1,0$; $e_{\text{biomassza}}=0,6$). Hőcserélős szellőztető rendszer beépítésével felére csökkenthető a fűtési rendszer energiaigénye.

A használati meleg víz (HMV) előállítására fordított primer energiaigényeket a 8. diagram mutatja be.

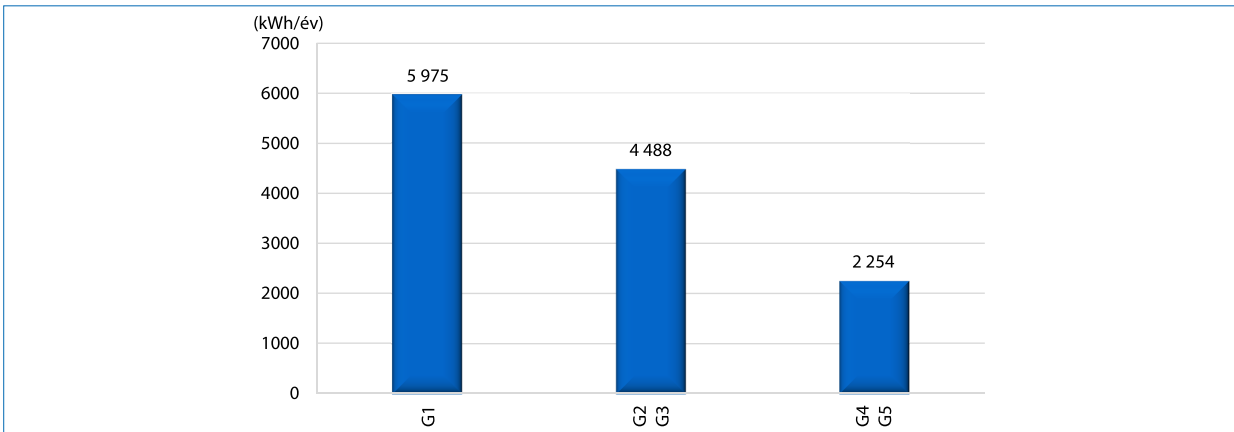
Látható, hogy a napkollektoros rásegítés közel felére csökkenti a felhasznált energiaigényt. Az alkalmazott kollektorfelület körülbelül 60%-ban fedezi a használati meleg víz energiaszükségletét. Tapasztalatok szerint a tervezett napkollektor felület a nyári időszakban a teljes melegvíz-igény közel 100%-át képes fedezni, míg a téli időszakban csupán 20–25%-ot. Ez amiatt van, hogy a napsütéses órák száma télen lényegesen kevesebb. A tényleges érték a tájolástól, a napsütéses órák számától és a napkollektor hatásfokától is függ.

A 9. diagram a 0.12 jelű épület összes energiafelhasználását mutatja be primer energiában kifejezve, az egyes épületgépészeti rendszerek alkalmazása esetén. Jól látható, hogy a legkedvezőbb adatot a G5 jelű rendszer adja, ahol a faelgázosító kazán mellett hővisszanyerős szellőző rendszer és napkollektoros használati melegvíz-előállítás is üzemel.

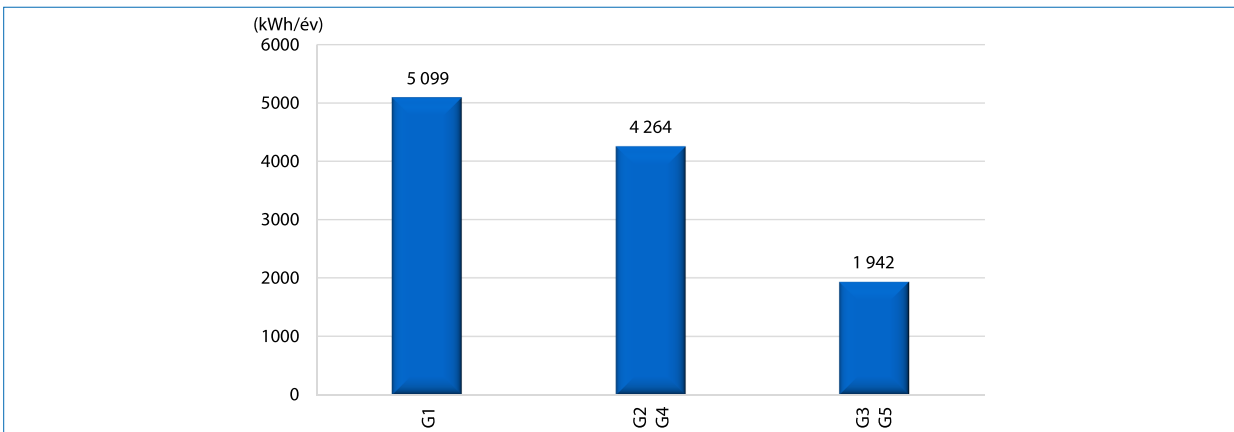
A 10. diagram a különböző épületgépészeti rendszerek esetén mutatja be az egyes energiafelhasználások eloszlását, egymáshoz viszonyított arányát. Az ábra egyértelműen azt mutatja, hogy kizárólag kazán (gáz vagy fatüzelés) alkalmazása esetén a fűtés és a használati melegvíz-ellátás energiafelhasználása nagyjából azonos.



6. diagram Az épület fűtési hőenergiaigényének változása a különböző gépészeti rendszerek alkalmazása esetén



7. diagram Az épület teljes fűtési energiaigénye primer energiában kifejezve



8. diagram Használati meleg víz primer energia változása az alkalmazott épületgépészet függvényében

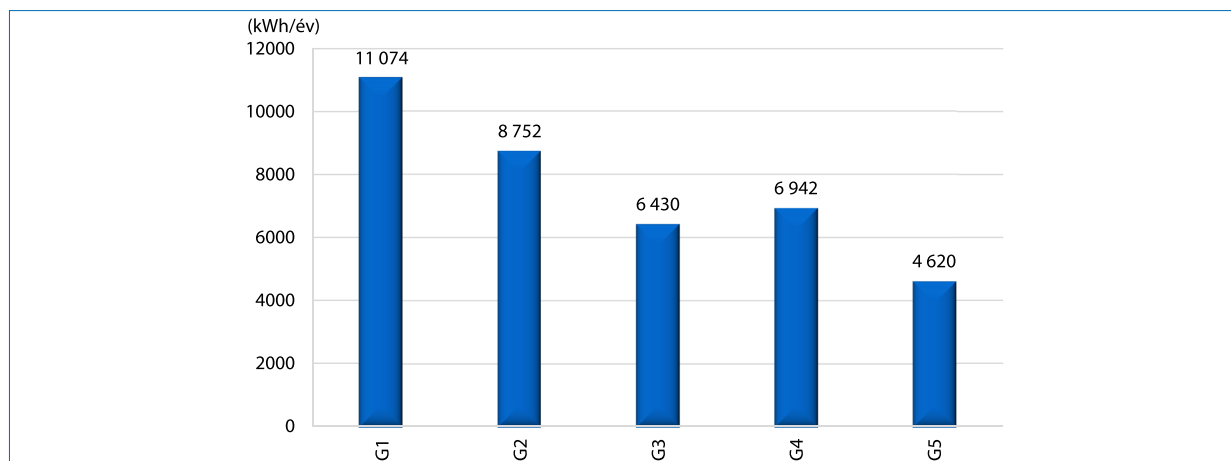
Abban az esetben, ha a meleg víz előállítására megújuló energiaforrást (napkollektor) alkalmazunk, a használati meleg víz primer energia felhasználása jelentősen csökken. Ezzel párhuzamosan 70%-ra növekszik a fűtési energiaigény részaránya. Fordított hatást tapasztalunk, ha hőcserélős szellőztető rendszert építünk be, hiszen ebben az esetben – ahogy korábban láttuk – a légcseréből származó veszteségek csökkennek nagymértékben, így a fűtés energiaigénye is lényegesen kisebb lesz. Ha a fűtési hőenergia-szükséglet csökkentésére hőcserélős szellőztető rendszert, a használati meleg víz biztosítására pedig napkollektorokat is telepítünk, az energiafelhasználások hasonlóan kiegyenlítettek lesznek, mint amikor nem alkalmaztunk semmilyen plusz épületgépészeti rendszert a gáz- vagy faelgázosító kazán mellett, de az éves fogyasztás megközelítőleg a felére csökkent.

A hatályos előírások nem csak az épület fogyasztásának meghatározását, hanem az energetikai osztályba sorolást is előírják. Ugyanakkor a bemutatott épület a rendkívül kicsi hőveszteségei miatt a választott gépészeti rendszertől szinte függetlenül a Magyarországon lehetséges legjobb, A+ besorolást kapja.

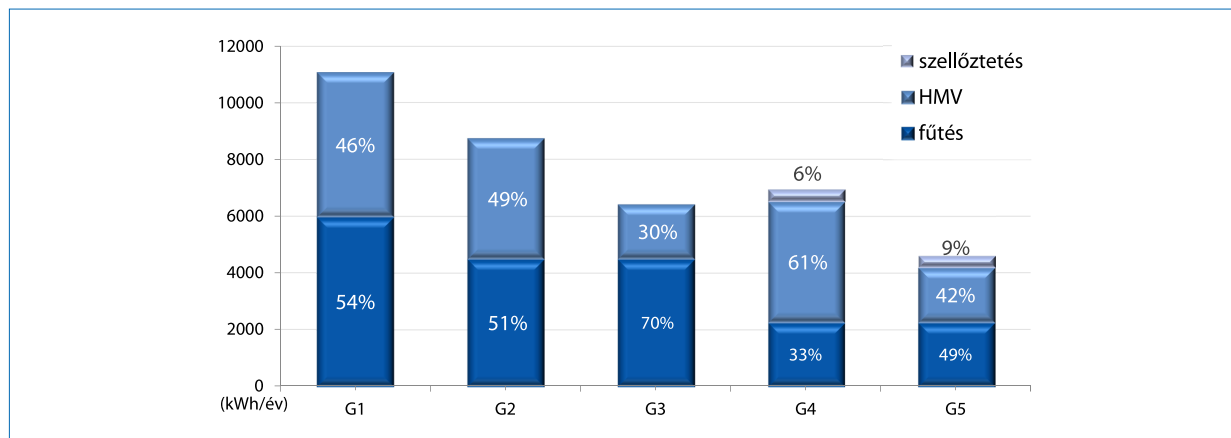
A 8. táblázatban összefoglaltuk az eddigi diagramokon szereplő adatokat – az épület fajlagos hőveszteség tényezőit, a fűtési hőenergiaigényeket, a fűtés, használati meleg víz, szellőztetés és a teljes energiafelhasználást – primer energiában kifejezve.

Napjainkban központi téma az üvegházhatású gázok (azon belül is a szén-dioxid) kibocsátásának hatása a globális klímára és az éghajlatváltozásra. Magyarországon az épületek komfortjának biztosítása az ország teljes energiafelhasználásának ~50%-át teszi ki, ráadásul a felhasznált energiahordozók döntő többsége fosszilis alapú, ezért az épületállományunk CO₂ kibocsátása nagyon magas. A biomassa (tűzifa, brikett, pellet) alapú energiahordozókra épülő tüzelőberendezések szén-dioxid kibocsátása sokkal kedvezőbb, mivel a biomassa alapú energiahordozók az emberi élet léptékéhez mérten megújulónak minősülnek – szemben a fosszilis alapú energiahordozókkal.

A 11. diagram mutatja az egyes gépészeti rendszerek szén-dioxid kibocsátását. A kg/év mértékegységben kifejezett értéket az ún. emissziós faktor – f_{CO_2} (g/kWh) – segítségével határozhatjuk meg. Az emissziós faktor értéke elektromos áram esetén $f_{CO_2, vill.} = 365$ g/kWh, földgáz esetén $f_{CO_2, gáz.} = 203$ g/kWh, biomassa esetében pedig $f_{CO_2, biom.} = 0$ g/kWh. Ez utóbbi faktor 0 értéke teszi lehetővé, hogy faelgázosító kazán alkalmazása esetén rendkívül alacsonyok lehessenek a CO₂ kibocsátási adatok.



9. diagram Az épület teljes energiafelhasználása primer energiában kifejezve



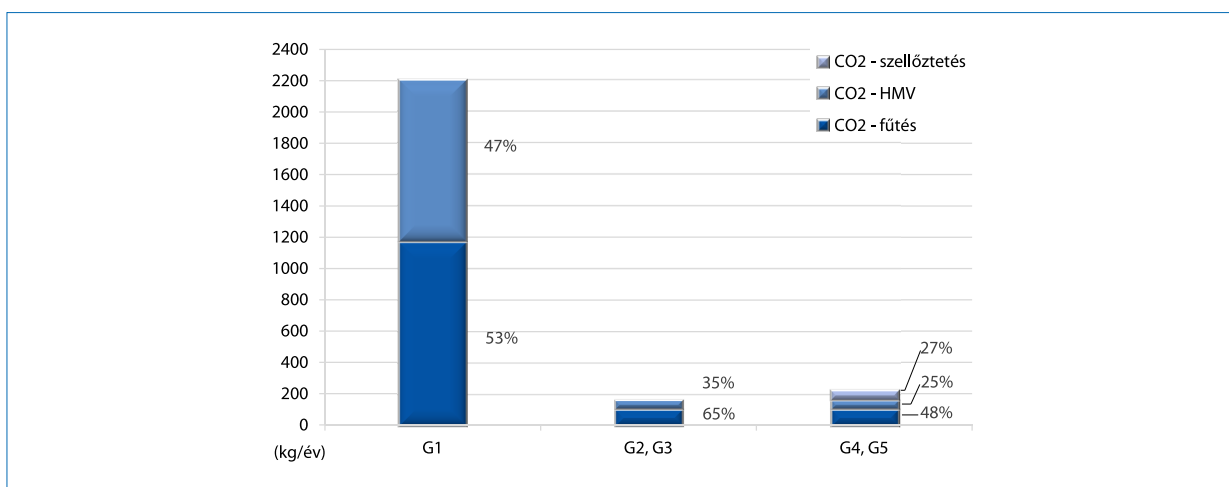
10. diagram Energiafelhasználás eloszlása a különböző épületgépészeti rendszerek esetén

A 9. táblázatban a fenti diagramok számértékeit foglaltuk össze g/m² és kg/év mértékegységben kifejezve.

A kiadványban megismerhettünk egy átlagon felüli hőszigeteltséggel bíró, rendkívül energiatakarékos könnyűszerkezetes épületet. Az épület rétegrendjei, valamint a csomópontjainak hőhidértékei megközelítik a manapság sokszor emlegetett passzívházak szigorú követelményeit. A szerkezet elsősorban lakossági felhasználásra, lakóházak építésére lett alkotva, de megfelelő tűzvédelmi igazolások beszerzése után középületek tervezői is alkalmazhatják.

A rétegrendek hőátbocsátási értékeit, valamint a hőhidak vonalmenti hővesztéseit közvetlenül fel lehet használni más, de ezzel azonos épületszerkezeti megoldásokkal tervezett épületek energiahatékonysági számításainál is. A kiadványban bemutatott részletesen kidolgozott csomóponti megoldások a tudományos módszerekkel számított hőtechnikai értékeken kívül szerkezettervezőknek és kivitelezőknek kívánnak segítséget nyújtani munkájukhoz.

Az épületgépészeti fejezet részletesen ismerteti a bemutatott mintaépület energiafogyasztását, és elemzi a különböző fokozatú gépészeti rendszerek jellegzetességeit. Az eredményeket grafikonokkal és táblázatokkal igyekeztük átláthatóvá és könnyen érthetővé tenni.



11. diagram A különböző épületgépészeti rendszerek alkalmazása esetén a CO₂ kibocsátás értékei

8. táblázat A hővesztések megoszlása a különböző épületszerkezeteken

	q	Q	E _{fűtés}		E _{HMV}		E _{szellőztetés}		ΣE _{összes}	
	[W/m ³ K]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/év]	[kWh/m ²]	[kWh/év]	[kWh/m ²]	[kWh/év]	[kWh/m ²]	[kWh/év]
G1	0,10	4507	47,36	5975	40,42	5099	0,00	0	87,78	11074
G2	0,10	4507	35,57	4488	33,80	4264	0,00	0	69,37	8752
G3	0,10	4507	35,57	4488	15,39	1942	0,00	0	50,97	6430
G4	0,10	1405	17,87	2254	33,80	4264	3,36	424	55,02	6942
G5	0,10	1405	17,87	2254	15,39	1942	3,36	424	36,62	4620

9. táblázat A 0.12 jelű épület CO₂ kibocsátási adatai

	F _{CO₂, fűtés}		F _{CO₂, HMV}		F _{CO₂, szellőztetés}		ΣF _{összes}	
	[g/m ²]	[kg/év]	[g/m ²]	[kg/év]	[g/m ²]	[kg/év]	[g/m ²]	[kg/év]
G1	9274	1170	8177	1032	0	0	17451	2202
G2	860	108	456	58	0	0	1316	166
G3	860	108	456	58	0	0	1316	166
G4	860	108	456	58	490	62	1806	228
G5	860	108	456	58	490	62	1806	228

Nem hoztunk ítéletet, csupán lehetőségeket fogalmaztunk meg. Az egyes gépészeti rendszerek beruházási költségei közt akár nagyságrendi eltérés is lehet, ami jelentősen befolyásolja a megtérülési időket. A választást az anyagiak mellett gyakran személyes meggyőződés is befolyásolja, ugyanakkor aki objektív adatok alapján szeret dönteni, annak lehetőséget nyújtunk a teljesítmények összehasonlítására.

Felhasznált szabványok és jogszabályok

MSz EN ISO 6946 Épületszerkezetek és épületelemek. Hővezetési ellenállás és hőátbocsátás. Számítási módszer
MSz EN ISO 10211-1 Hőhidak az épületszerkezetekben. Hőáramok és felületi hőmérsékletek számítása
MSZ EN 13788 Épületszerkezetek hő- és nedvességtechnikai viselkedése
MSZ EN ISO 7345:1997 Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számítása
MSZ-04.140/2:1991 Hőtechnikai méretezés
MSZ-04.140/3:1987 Fűtési hőszükséglet-számítás
7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
176-2008 (VI.30.) Korm.rendelet az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról
11/2013 (III.21.) NGM rendelet a gáz csatlakozóvezetésekre, a felhasználói berendezésekre, a telephelyi vezetésekre vonatkozó műszaki biztonsági előírásokról és az ezekkel összefüggő hatósági feladatokról, továbbá az e rendelet 2. melléklete (GMBSZ, szabályzat)
MSZ EN 1443 Égéstermék-elvezető berendezések. Általános követelmények.
MSZ EN 13384-1,2 Égéstermék-elvezető berendezések. Hő- és áramlástechnikai méretezési eljárások. 1. és 2. rész
MSZ 845:2012 Égéstermék-elvezető berendezések tervezése, kivitelezése és ellenőrzése
MSZ 12623-85 Gáz- és olajtüzelésű berendezések kezelési osztályba sorolása
28/2011. (IX.6.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
MSZ-CR 1752 Épületek szellőztetése – tervezési kritériumok beltéri környezethez
27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról
MSZ 2364 Épületek villamos berendezéseinek létesítése
312/2012. (XI. 8.) Korm. rendelet az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról
4/2002. (II. 20.) SZCSM-EüM együttes rendelet az építési munkahelyeken és az építési folyamatok során megvalósítandó minimális munkavédelmi követelményekről

Felhasznált irodalom

Hantos Zoltán, Karácsonyi Zsolt: Fa bordavázás épület hőátbocsátási tényező számítása I. – Faipar 2007/1-2, 28-32. oldal
Hantos Zoltán: Fa bordavázás lakóépületek energetikai minősítési módszere, és alkalmazása fejlesztési célokra – Doktori értekezés, Sopron, 2008
Hantos Zoltán, Karácsonyi Zsolt: Fa bordavázás épület hőátbocsátási tényező számítása II. – Faipar, 2009/2, 5-10. oldal
Hantos Zoltán, Huszár Gyula, Karácsonyi Zsolt, Lonsták Nóra, Oszvald Ferenc, Szabó Péter: Bevezető a passzívházak világába – ISBN 978-963-334-000-4, Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 2011
Hantos Zoltán, Karácsonyi Zsolt, Lonsták Nóra, Oszvald Ferenc, Sági Éva, Szabó Péter: Hagyományos, tájjelegű építészeti megoldások energetikai vizsgálata Vas, Zala és Pomurje megyében – ISBN 978-963-334-043-1, Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 2011
Hantos Zoltán: Könnyűszerkezetes lakóházak hőtechnikai vizsgálata – ISBN 978-963-359-003-4, NymE-FMK Cziráki József Doktori Iskola, Sopron, 2012
Hantos Zoltán, Karácsonyi Zsolt: Lakóépület fűtési energiaigényének modellezése – Faipar 62. évf. (2014), DOI: 10.14602/WoodScience-HUN_2014_21
Bajor Ervin – Épületgépész tanulmányterv a TÁMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 „Környezettudatos energiahatékony épület” pályázathoz, Budapest, 2014

Kiadó:

Nyugat-magyarországi Egyetem

megjelent elektronikusan

2014, Sopron

ISBN 978-963-334-217-5

ISBN 978-963-334-213-8ö



NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
KIADÓ