

SZAKDOLGOZAT

Vörös Ferenc

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Műszaki Intézet

**Energiagazdálkodási szakmérnök szakirányú
továbbképzési szak**

**CSALÁDI HÁZ HŐSZÜKSÉGLET SZÁMÍTÁSA ÉS
ENERGETIKAI FEJLESZTÉSE NAPELEMEK
ALKALMAZÁSÁVAL**

Belső konzulens:	Dr. Kurják Zoltán egyetemi docens
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Műszaki Intézet Járműtechnika Tanszék
Külső konzulens:	Baumann Mihály cégvezető
Készítette:	Vörös Ferenc

**Gödöllő
2024**

MŰSZAKI INTÉZET ENERGIAGAZDÁLKODÁSI SZAKMÉRNÖK SZAK

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Vörös Ferenc (JR77SY)

részére

A szakdolgozat címe: Családi ház hőszükséglet számítása és energetikai fejlesztése napelemek alkalmazásával

Feladatkiírás:

Egy már elkészült tervrajz alapján számítsa ki egy felújítás alatt lévő családi ház egyes helyiségeinek, majd abból a teljes ház hőszükségletét! A családi ház nettó hasznos területe $132,5\text{m}^2$. Az építménymagasság $4,13\text{m}$. A házban 12 helyiség található. A hőszükséglet eredmények segítségével határozza meg az épület éves fűtési energiaigényét! A számításokat mutassa be analitikusan és szoftveresen is! Majd készítsen egy kalkulációt és mutassa be, hogy napelemek alkalmazásával milyen mértékben fedezhető az éves fűtési igény!

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

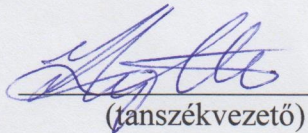
Külső konzulens: *Baumann Mihály cégvezető*, BAUSOFT Pécsvárad Kft., 7720 Pécsvárad, Pécsi út 49.

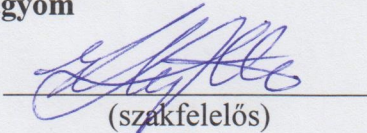
Belső konzulens: *Dr. Kurják Zoltán egyetemi docens*, MATE, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2024. április 22.

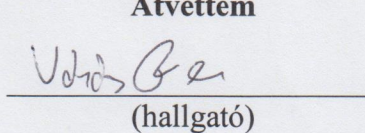
Gödöllő, 2024. március 23.

Jóváhagyom


(tanszékvezető)

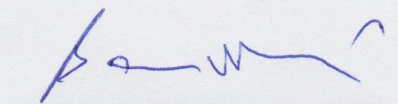

(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2024. április 22.


(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	3
2. Szakirodalmi áttekintés	4
2.1. Napenergia alapok	4
2.1.1. Napsugárzási viszonyok	4
2.1.2. A napenergia-hasznosítás fő formái	5
2.1.3. Fotovillamos rendszerek.....	5
2.2. Villamosságtani alapfogalmak	7
2.2.1. Villamos energia, teljesítmény, hatások.....	7
2.2.2. Feszültség és az elektromos áram.....	8
2.3. Termodinamikai alapfogalmak.....	9
2.3.1. Mivel is foglalkozik a termodinamika?	9
2.3.2. A termodinamikai rendszer	10
2.3.3. Hőterjedés - hővezetés, hőátadás, hősugárzás	11
2.3.4. Mit is jelent a hő?	15
2.3.5. Hőszükséglet vagy hőveszteség?	15
2.3.6. Külső és belső transzmissziós energiaáram.....	16
2.3.7. Belső transzmissziós energiaáram	19
2.3.8. Filtrációs hőszükséglet	19
2.3.9. Napsugárzásból származó energiaáram.....	21
2.3.10. Belső hőnyereség.....	22
3. Eredmények és értékelésük	24
3.1. Környezet bemutatása.....	24
3.2. Szerkezetek definiálása.....	24
3.3. Helyiségek definiálása	28
3.3.1. Előszoba helyiségek létrehozása	28
3.3.2. 04 – es számú lakószoba létrehozása.....	30
3.4. Réteges szerkezetek hőátbocsátási tényezőinek kiszámítása	31
3.4.1. Szigetelt külső fal hőátbocsátási tényezőjének meghatározása	31

3.4.2. Könnyűszerkezetes külső fal hőátbocsátási tényezőjének meghatározása.....	33
3.4.3. Padlásfödém és padló hőátbocsátási tényezőinek meghatározása.....	34
3.5. 04 – es lakószoba fűtési hőszükségletének meghatározása	36
3.5.1. 04 – es lakószoba filtrációs hőszükséglete	36
3.5.2. 04 – es lakószoba napsugárzásból származó energiaárama.....	37
3.5.3. 04 – es lakószoba belső hőnyeresége	37
3.5.4. 04 – es lakószoba belső transzmissziós energiaárama.....	38
3.5.5. 04 – es lakószoba külső transzmissziós energiaárama	39
3.6. Energetikai fejlesztés napelemek használatával	42
3.6.1. A fejlesztés célja és körülményei	42
3.6.2. Napelemfelhelyezési lehetőségek.....	43
3.6.3. Éves energiahozamok kiszámítása különböző napelemtájolások esetén.....	45
4. Következtetések és javaslatok	49
Összefoglalás.....	50
Ábrajegyzék	I
Táblázatjegyzék.....	II
Mellékletek.....	III
1. számú melléklet – Szerkezetek – külső fal	III
2. számú melléklet – Szerkezetek – kerámia padló	IV
3. számú melléklet – Szerkezetek - padlásfödém	V
4. számú melléklet – Páradiffúziós diagram	VI
5. számú melléklet - Szerkezetek.....	VII
6. számú melléklet – Helyiségek – 1 (Előszoba)	VIII
7. számú melléklet – Helyiségek – 4 (Lakószoba)	IX
8. számú melléklet - Helyiségek	X
9. számú melléklet – PVGIS számítás keleti nyeregtetőre	XI
10. számú melléklet – PVGIS számítás keleti nyeregtetőre.....	XII

1. Bevezetés és célkitűzések

Az emberi létünk az energiafelhasználáson alapszik és már az előző évszázad végén felismerték, hogy milyen hatásunk, milyen ökológiai lábnyomunk van/lehet a Földre nézve. Ezen hatások következményeinek egyike a globális felmelegedés és annak természeti katasztrófákban való kicsúcsosodása. Továbbá az elmúlt pár évtizedben és napjainkban is bizonyos mértékben nyersanyag- és energiaválsági problémákkal kell/kellett szembesülnünk. Ugyanis a Föld által nyújtott energiakészletek, főként a földgáz és a kőolaj egyre inkább fogynak, melynek általunk látható mutatója, az árak rohamos emelkedése. Ezen felül az energiaszükségletek, ugyanúgy, mint az energiaforrások területi eloszlása is nagyon egyenlőtlen. A vízenergia-, a föld magenergia - és a tüzelőanyag készletek egyenlőtlenül helyezkednek el. A fűtési igény is teljesen más például melegebb mediterrán vidékeken, mint az északi hideg övezeti zónákban. A fejlett országokban él a népesség körülbelül 20% - a, viszont ami nagyon elgondolkodtató szám, hogy ezen 20% - ra jut a Föld összes energiafelhasználásának megközelítőleg 80% - a. A jövőben további folyamatos népességnövekedés várható, ezzel együtt a fejlődő világ energiaszükséglete is folyamatosan nőni fog. Több kutatás úgy véli, hogy szinte lehetetlen a Föld teljes népességének egy főre jutó energiafogyasztását a fejlett országokban élők szintjére hozni. Ha sikerülne is, a technika és a tudomány jelenlegi fejlettségi szintjén ez tartósan nem lenne kielégíthető.

Véleményem szerint két lehetőség közül választhatunk:

1. új energiaforrások felkutatása és használatba vétele;
2. jelenlegi energiafelhasználás hatékonyabbá tétele.

Szakedolgozat témám a fenti pontok közül részben mindkettőt érinti, ahol is egy hőszükséglet számítást fogok elvégezni egy az 1960 - as években épült családi házon, aminek a felújítása, hozzáépülése jelenleg is folyamatban van. Egy, már elkészült tervrajz alapján kiszámítom az egyes helyiségek hőszükségletét. A számításokat részben analitikusan, részben a WinWatt energetikai szoftverrel fogom végezni. Ezután készítek egy kalkulációt és bemutatom, hogy napelemek alkalmazásával mekkora energiát lehetne megtakarítani éves szinten. Megvizsgálom, hogy a földgáztól való energiafüggést lehet – e csökkenteni, esetlegesen elhagyni.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Napenergia alapok

2.1.1. Napsugárzási viszonyok

Oláh et al. (2007) szerint a Nap roppant hatalmas, nagy hatású, a Földtől körülbelül 150 millió kilométer távolságban lévő többségében plazma állapotban lévő hidrogénből álló gáztömb. Kvázi tekinthető egy fúziós atomreaktornak, amely energiával látja el a Földet most és még néhány milliárd évig. Felületi hőmérséklete körülbelül 6000 °C. A Nap sugárzása fény és hő alakjában minden időben nagyjából tízezerszer annyi energiát sugároz a Földre, mint amennyire az egész világnak szüksége lenne. A Nap sugárzásának energiasűrűsége a Föld légkörének elérése előtt (Exoszféra – 10 000 km magasan) 1370 W/m². A légkörön évenként áthaladó napfénynek hozzávetőleg csak a fele éri el a Föld felszínét, a többit a légkör és a felhők szétszórják vagy visszaverik a világűrbe, vagy a légkör, a légköri gázok, így a szén - dioxid és a vízgőz vagy a felhők elnyelik. Mivel bolygónk 71% - át víz borítja, a felszínig eljutó energia legnagyobb részét az óceánok abszorbeálják. A Föld felszínére derült napon, délben mintegy 1000 W/m² esik. Ezt a felszínre érkező (inszolációnak nevezett) energiát általában kWh/m² egységben mérik. Az inszoláció a forró, sivatagos tájakon mért maximumoktól a sarki tartományok minimumáig változik. Az évszakokhoz kötött változások az egyenlítőtől távoli övezetekben jelentősebbek, amelyeket a téli és a nyári napok hosszának eltérései még inkább kihangsúlyoznak. Szélsőséges esetben például az északi sarkon a sarki tél hat hónapja alatt, vagyis, amikor a Nap soha nem kel fel, az inszoláció közel nulla. Az Egyesült Államokban a száraz idő nagy részében felhőtlen délnyugati területeken az inszoláció értéke körülbelül 6 kWh/m².

Emberi időskálában a Nap energiájának ez a rendkívüli árama kimeríthetetlen és hatalmas lehetőséget jelent az emberiség tiszta és fenntartható energiaellátására. A szén energiájához hasonlóan a Nap energiájának gyakorlati hasznosítása iránti érdeklődés is az 1970 - es évek olajválságának következménye volt. Manapság a napenergia hasznosításának különféle módszerei ismertek. Villamosenergia termelése, víz melegítése, épületeink fűtése vagy hűtése elérhető vele.

2.1.2. A napenergia-hasznosítás fő formái

Tóth (2012) szerint aktív napenergia hasznosításról beszélünk, ha erre a célra készített kollektor vagy napelem segítségével alakítjuk át a sugárzási energiát hővé vagy villamos energiává. Az aktív hasznosítás fototermikus (termikus napkollektor) vagy fotovillamos (napelem, szakirodalmakban gyakran alkalmazott jelölése a PV) módon lehetséges.

A passzív hasznosítás az épületek tájolásával és kialakításával valósítható meg.

Oláh és Rózsa (2009) szerint a napelem, a nap energiáját fotoelektromos úton, közvetlenül villamos energiává alakító berendezés. Működésének lényege, hogy a két félvezető határretegére eső fény feszültségkülönbséget hoz létre a félvezetőben. Tóth (2012) szerint az ily módon kapott 12 vagy 24 V egyenfeszültséggel közvetlenül lehet fogyasztókat (pl. világítás, szellőztetés, ..., stb.) működtetni. Szükség esetén 230 V - os váltakozóáramú hálózati fogyasztók is működtethetők, ha egy inverteres egység is közbeiktatásra kerül. Az összegyűjtött energia tárolható kémiai úton akkumulátorokban vagy más módon, például víz helyzeti energiájaként. Ezután igény esetén éjszaka vagy alacsony napsugárzási viszonyok esetén a tárolt energia felhasználható. Fotovillamos rendszerek fontosabb alkalmazásai a következők lehetnek:

- hálózattól távoli létesítmények-, farmok-, épületek-, istállók-, raktárok villamosenergia ellátása (világítás, szellőztetés, vagyonvédelem, ..., stb.);
- öntözés, vízszivattyúzás (belvíz), állattartó telepek vízellátása;
- hírközlő berendezések villamosenergia ellátása;
- közszükségleti berendezések energiaforrása.

2.1.3. Fotovillamos rendszerek

Tóth (2012) szerint - továbbá, ahogy fent is írtam - a villamos napenergia hasznosítás legalapvetőbb eszköze a napelem. A napelem alapanyaga megfelelő vastagságú p - n átmenettel (lyuk - elektron párt szétválasztó réteggel) rendelkező félvezető. Ebben zajlik le az energiaátalakítás folyamata. A jó hatásfokú energiaátalakító eszköz készítéséhez általában egykristályos vagy polikristályos szilíciumot használnak.

A napelemek alapanyaguktól és technológiájuktól függően különböző hatásfokkal képesek villamosenergiát termelni. A hatásfok ebben az esetben százalékosan fejezi ki, hogy a napelem mennyi napenergiát alakít át elektromos energiává. A hatásfokot nagyban befolyásolják a környezeti és a konstrukcióval összefüggő tényezők. A környezeti tényezők

közül a hőmérséklet a legfontosabb, de ide lehet sorolni a cella felületének tisztaságát és a megvilágítás erősségét is.

A szilícium fotoelem feszültsége a félvezető záró rétegben a töltéshordozók felszabadulása és szétválasztása révén keletkezik. A keletkezett forrásfeszültség a megvilágítás erősségével nő. A forrásfeszültség nagy megvilágítás esetén sem nagyobb, 0,6 V - nál. A rövidzárási áram a fényerősséggel arányos. Maximum sugárzásnak körülbelül 10 mW/cm² tekinthető.

A hasznos hullámhossztartományban a napcella energiaátalakítási hatásfoka (η) annál nagyobb, minél kisebb a reflexiós tényező és ugyanakkor minél nagyobb az abszorpció tényező. Ezt még befolyásolja az anyag és villamos jellemzők mellett a működési hőmérséklet is. Az egy töltésszétválasztó réteggel rendelkező napelemek elméletileg elérhető hatásfoka szobahőmérsékleten 27% körüli érték. Többrétegű konstrukciók alkalmazásával, napjainkban akár 50% fölötti hatásfok is elérhető.

Konstrukciójukat tekintve egykristályos technológiával készült napelemek hatásfoka 15 - 17%. A polikristályosoké 13 – 15%. A vékonyrétegű technológiával készült amorf kivitelek hatásfoka pedig 4 - 6%. Elterjedésében létezik még az ugyancsak vékonyrétegű technológiát alkalmazó kadmium - szulfid (CdS) alapanyag felhasználásával készült napelem. Magas hőmérsékletű alkalmazásoknál használnak gallium - arzenidet (GaAs) alapanyagként is. Ezeken kívül léteznek még kadmium - szulfid/kadmium - tellurid (CdS/CdTe) alapanyagú napelemek, amelyek előnye, hogy egyszerű és olcsó technológiával állíthatók elő.

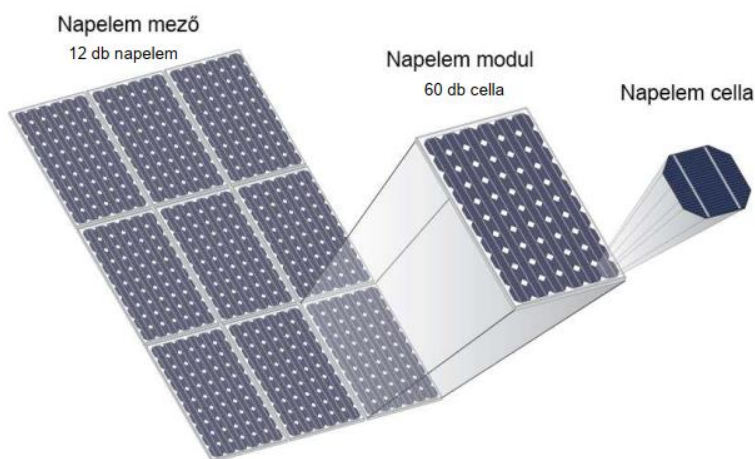
Az egyedi napelemek villamos és mechanikai jellemzői általában nem elégségesek az ipari méretű alkalmazásokhoz, tekintettel arra, hogy például a kristályos szilícium napelemek felülete 50 – 200 cm², üresjárási feszültsége 0,55 - 0,65 V, teljesítménye pedig 13 – 17 mW/cm² között van. Ahogy az 1. ábrán is látszik a nagyobb feszültség és teljesítmény elérésére a napelemeket modulokban szerelik össze. A modulokon belül az egyes napelemeket általában sorosan kapcsolják. Az így kialakított modulok szokásos feszültsége 12 V. A modulok nagyobb méretű egységekké állíthatók össze a felhasználási céloknak megfelelően. Fontos megemlíteni még, hogy a polikristályos cellák gyártása olcsóbb, mint a nanokristályosoké, azonban a hatásfokuk kisebb.

Ahogy fentebb említettem a napelem modul teljesítménye jelentősen függ a működési hőmérséklettől. Annak növekedésével csökken a teljesítmény. A kereskedelmi forgalomban kapható napelemmodulok mérete és teljesítménye tág határok között mozog. A felső mérethatár néhány négyzetméter, a névleges teljesítmény pedig néhány száz Wp (Wattpeak –

laborkörülmények között mért maximális érték) nagyságrendben van. A napelemek általában műanyagba vannak beágyazva, a modulokat pedig általában alumínium keretszerkezet határolja. Ez lehetővé teszi a tartószerkezetekhez való rögzítést. A modulok villamos csatlakoztatása a hátoldalon e célra kialakított csatlakozó dobozon keresztül történik. A napelem modulok átlagos élettartama 30 év.

1. ábra A fotovillamos rendszer felépítése

(Forrás: https://docplayer.hu/44797118-Napelemes-rendszerek.html#show_full_text)



2.2. Villamosságtani alapfogalmak

2.2.1. Villamos energia, teljesítmény, hatásfok

A villamos energiát szokták még elektromos munkának (vagy a mindennapi életben villamos fogyasztásnak) is hívni, ami nem más, mint a teljesítmény és az idő szorzata. Jele: E, de szakirodalmak szokták W - vel is jelölni. SI mértékegysége a Ws (wattszekundum), azonban a hétköznapi életben használják a kWh (kilowattóra) mértékegységet is. 1 kWh az az elektromos munka, amit egy elektromos fogyasztó felvesz 1 kW teljesítményt fogyasztva 1 órán keresztül.

Barótfi (1993) szerint az energiaátalakítás és energia szállítás is a villamos energetika feladata. A villamos energia alapvető fizikai korlátozás nélkül átalakítható más energiaformába, ahol törekedni kell a veszteség minél kisebb értéken tartására. Annak nagysága az alkalmazott módszer kiválasztásával is befolyásolható. Ez lényegében gazdaságossági kérdésként kezelhető. Ha az E egy szállítandó vagy átalakítandó energia, akkor

$$P = \frac{dW}{dt} \quad (2.1)$$

a hozzátartozó pillanatnyi teljesítménnyel. Másszóval a teljesítmény a munkavégző képességnek, vagy a munkavégzés intenzitásának pillanatnyi jellemzője. Megfogalmazható még úgy is, hogy a teljesítmény egységnyi idő alatt végzett munka. SI mértékegysége W [Watt], $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ (Joule/szekundum).

Oláh és Rózsa (2009) szerint az energiaátalakítási folyamatba bevitt és a kinyert energiamennyiség aránya a hatásfok. Fontos kiemelni, hogy az átalakítás sosem 100% - os. A bevitt energia egy része (az energetikában általában hő formájában) veszteségként jelentkezik és elvész. A villamosenergiaelőállítás folyamatának hatásfoka a már fent is említett alkalmazott technológiától és az azzal összefüggő termodinamikai törvényektől függ.

2.2.2. Feszültség és az elektromos áram

Gergely (2003) szerint a villamos térbe helyezett töltésre erő hat, így az elmozdulhat és közben munkát végezhet. A töltésnek tehát energiája, munkavégző képessége van. Ez az energia kiegyenlítődési folyamat során teljes mértékben felszabadul és megegyezik azzal az energiával, amit a töltések szétválasztására fordítottunk.

Tegyük a tér A pontjában Q töltést és engedjük elmozdulni a B pontig! Ekkor a töltés W_{AB} munkát végez, és a kiegyenlítődési részfolyamatban a két pont közötti energia különbsége, vagyis W_{AB} energia szabadul fel. A töltést B -ből A -ba csak külső energia befektetésével lehet visszavinni. Az energiának teljes mértékben meg kell egyeznie W_{AB} -vel. Ha a térbe egységnyi töltést teszünk, vagyis a tér két pontja közötti munkavégző, illetve töltőskiegyenlítő képességet 1 As-ra vonatkoztatjuk, akkor a tér egyik fontos jellemzőjét az U -val jelölt feszültséget kapjuk:

$$U = \frac{W_{AB}}{q}. \quad (2.2)$$

A feszültség mértékegysége a V (volt). Nevét Volta olasz fizikusról kapta. 1 V a feszültség a tér két pontja között, ha 1 As töltés 1 J (1 Ws) munkát tud végezni. $1 \text{ V} = 1 \text{ J/1 As}$.

Ha a munkavégző képességet egy kitüntetett ponthoz viszonyítjuk (ilyen lehet a végtelen vagy a föld), akkor potenciálról beszélünk. A tér valamely két pontja közti feszültséget pontosan a két pont potenciáljának különbsége adja. Tehát a feszültség egy potenciálkülönbség.

Gergely (2003) szerint a szabad töltéshordozók egyirányú mozgását (áramlását) elektromos áramnak nevezzük. Mértékét (intenzitását) az áramerősség fejezi ki, melyet I betűvel jelölünk. Nagy az áramerősség, ha sok töltéshordozó áramlik át rövid idő alatt:

$$I = \frac{Q}{t}. \quad (2.3)$$

1 A erősségű az áram, ha 1 As töltés áramlik át 1 s alatt. Az összefüggés alapján az áramerősség mértékegysége: $\text{As/s} = \text{A}$ (amper). Nevét Ampere francia fizikusról kapta.

2.3. Termodinamikai alapfogalmak

2.3.1. Mivel is foglalkozik a termodinamika?

Környey (2005) szerint a termodinamika fenomenologikus elmélet, mint az áramlástan, vagy az elektrodinamika. Ennek megfelelően véges nagyságú makroszkopikus objektumokat vizsgál, vagyis olyanokat, amelyek nagyon sok részecskéből (molekulából, atomból és ionból) állnak. Ezeket az objektumokat makroszkopikus jellemzőkkel (térfogat, nyomás, hőmérséklet, energia, ..., stb.) írja le. A tapasztalatait makroszkopikus objektumokon nyeri, és azok alapján matematikai formában megadott axiómákat (egymásra nem visszavezethető tételeket) állapít meg. Az egyenletekben az anyagra jellemző tulajdonságok paraméterekként jelennek meg. A termodinamika fő részterületei a következők:

1. Az energia különböző megjelenési formáinak és az energiaátalakulásoknak a vizsgálata. Ilyenek lehetnek például a hőerőműben a kémiai energia (tüzelőanyag) átalakítása termikus energiává, majd mechanikai és végül elektromos energiává. Vagy a villanymotorban az elektromos energia átalakítása mechanikai munkává. Vagy a villamos fűtőszálban az elektromos energia átalakítása hővé.
2. Az egyensúlyok vizsgálata. Ez az anyagok tulajdonságainak egyensúlyi állapotban történő vizsgálatát, a makroszkopikus tulajdonságok között egyensúlyban fennálló kapcsolat meghatározását jelenti. Ilyenek lehetnek például a tiszta anyagok fázisegyensúlya (folyadék és gőz, folyadék és szilárd, gőz és szilárd, vagy gőz - folyadék - szilárd anyag egyensúlya). Vagy a keverékek fázisegyensúlya. (Például folyadéké és gőzé; ahol keverékek esetén a gőz és a folyadék összetétele egymástól különböző. Ezen alapul a komponensek termikus szétválasztása: lepárlással nyerik többek között a nyers földgázból a propán - bután frakciót, vagy a nyers kőolajból a benzint, gázolajat, ..., stb.). Vagy a kémiai egyensúly példája (a vegyi reakció során kialakuló egyensúly; például tüzelőanyag égetésekor keletkező nitrogén oxidok egyensúlyi mennyisége).
3. Az 1. és 2. pont egyenletei a vizsgált anyag szerkezetétől függetlenek (az egyenletek csak általános elméleti keretet alkotnak); ezért velük csak kevés, a vizsgált

termodinamikai rendszerre vonatkozó számszerű eredményt nyerünk. A termodinamikai rendszer teljes leírásához további, a rendszert alkotó anyagokra vonatkozó adatokra, anyagjellemzőkre, anyagtörvényekre van szükség. Ilyen például az ideális gáz modell, a gőznyomásgörbe, ..., stb. Az anyagtörvények meghatározása két különböző módon történhet:

- makroszkopikus tárgyakon végzett kísérletekkel (fenomenologikus módszerekkel);
- az anyag mikroszkopikus szerkezetéből való levezetésekkel (statisztikai termodinamikai módszerrel).

2.3.2. A termodinamikai rendszer

Író (2007) szerint általánosságban rendszernek tekintjük az anyagi valóság egy általunk meghatározott szempont vagy szempontrendszer szerint elhatárolt részét, melyet a rendszer fala választ el az anyagi valóság többi részétől, ahogy ez a 2. ábrán is látható. Példaként rendszernek lehet tekinteni egy csővezetékben áramló folyadékot vagy gázt, melyet a csőfal választ el az anyagi valóság többi részétől. Vagy rendszernek lehet tekinteni családi ház esetén a belső légteret, amit az oldalfalak választanak el a környezettől. A környezet alatt értenek általánosságban mindent, ami nem része az adott rendszernek. A fal szerepe rendkívül fontos, hiszen ez határozza meg, hogy a rendszer és környezet között milyen kölcsönhatások jöhetnek létre.

A kölcsönhatások igen sokfélék lehetnek:

- mechanikai (munka);
- termikus (hőenergia);
- tömeg; elektromos;
- mágneses;
- stb.

Rendszerünk fala lehet:

- rugalmas vagy merev, attól függően, hogy a mechanikai kölcsönhatást megengedi vagy kizárja (egy családi ház fala ez esetben merevnek tekinthető);
- diatermikus vagy adiatermikus, attól függően, hogy a termikus kölcsönhatást megengedi vagy kizárja (egy családi ház fala ez esetben diatermikusnak tekinthető).

Természetesen a rendszer fala lehet egyidejűleg pl. merev és adiatermikus, azaz egyidejűleg több kölcsönhatást megengedő vagy kizáró is. Fontos itt kihangsúlyozni, hogy vizsgálódásaink során állandó jelleggel feltételezzük, hogy a rendszer fala a tömegi kölcsönhatást minden esetben kizárja! Ez praktikusán megfelel annak, hogy a rendszer nem szivárog, tömege állandó.

2. ábra: Termodinamikai rendszer

(Forrás: Saját szerkesztés)



2.3.3. Hőterjedés - hővezetés, hőátadás, hősugárzás

Író (2007) szerint, a hő - külső beavatkozás nélkül - minden esetben a melegebb helyről a hidegebb helyre áramlik. Fontos e mellett szót ejteni arról, hogy a hő terjedésére milyen törvényszerűségek is vonatkoznak.

A hőterjedés módja döntően függ attól, hogy a melegebb és a hidegebb hely közötti teret milyen halmazállapotú anyag tölti ki. Természetesen arra is tekintettel kell lenni, hogy adott esetben a melegebb és a hidegebb hely szerepét is többnyire valamilyen kontinuumok (folyékony és légnemű halmazállapotban lévő anyagok) töltik be a gyakorlatban.

A hőterjedés azon formáját nevezik hővezetésnek, amikor a hő egy adott anyag részecskéinek közvetlen érintkezése során terjed. Legjelentősebb hővezetési mód egy családi ház esetén a sík falban való hővezetés, mivel - ahogy az a nevében is bent van - az oldalfalak egyértelműen sík falnak tekinthetők a környezetéhez képest.

Kizárólag vezetéssel terjed a hő a szilárd halmazállapotú anyagokban. A nyugalomban vagy lamináris áramlásban lévő kontinuumokban, az áramlás irányára merőlegesen, a hő szintén vezetés útján terjed. Az összenyomható és összenyomhatatlan kontinuumok esetén a nyugalom biztosítása igen nehéz, tekintettel arra, hogy a hőmérséklet különbség hatására előálló sűrűségkülönbség automatikusan áramlást generál. A nyugalom feltételei leginkább két egymással közel lévő sík felület (például két rétegű üvegezés) közé zárt levegő esetében biztosítható.

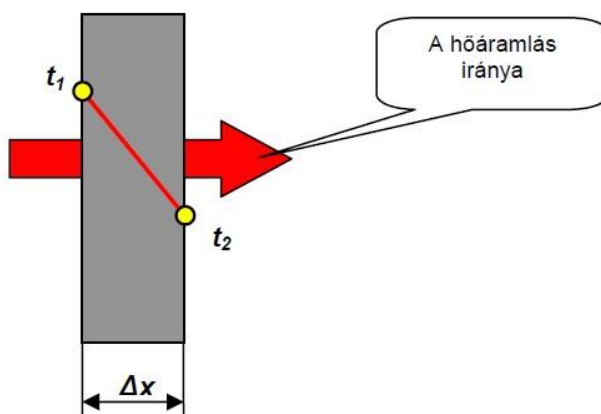
Két egymással párhuzamos sík felülettel határolt szilárd testen át történő hővezetésre a francia fizikus és matematikus, Jean Baptiste Joseph Fourier állított fel egy tapasztalati összefüggést a XIX. század elején. Megfigyelése szerint a vezetés útján időegység alatt terjedő hő (hőáram) mennyisége egyenesen arányos a hőmérséklet különbséggel, fordítottan arányos a felületek távolságával és arányos a szilárd test anyagára jellemző úgynevezett hővezetési tényezővel (vagy másnéven hővezetőképességgel) a

$$\dot{q} = \lambda \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} \left[\frac{J}{m^2 s} \right] = \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (2.4)$$

szerint. A q felett azért van pont, mert ez egy extenzív mennyiség időderiváltja. A (2.4) összefüggésben a Δx a két hely távolsága, Δt a hőmérséklet különbség, λ pedig a szilárd test anyagára jellemző ún. hővezetési tényező. A (2.4) összefüggés szerint a sík falban a hőmérsékletváltozást egy egyenes írja le a 3. ábra szerint. A hővezetési tényező mértékegysége: W/mK. Szavakban kifejezve a hővezetési tényező az egységnyi vastagságú szilárd falon át, egységnyi hőmérsékletkülönbség hatására, időegység alatt vezetéssel átmenő hőmennyiség. A 3. ábrán az egyenes iránytangense annál kisebb minél nagyobb a hővezetési tényező (hőszigetelő anyagok esetén nagy a hőmérsékletváltozás, jó hővezető anyagok esetén kicsi).

3. ábra: Hőmérsékletváltozás sík falban

(Forrás: Író B. (2007): Hő- és Áramlástan)



A hővezetési tényező nem állandó, hanem a hőmérséklet függvényében változik. Ez a változás kisebb hőmérséklet különbségek esetén elhanyagolható. Azonban nagyobbak esetén, köszönhetően annak, hogy a hővezetési tényező többnyire a hőmérséklet lineáris függvénye, a közepes hőmérsékletnek megfelelő átlagértékkel lehet számolni.

A hővezetési tényezővel, ill. a hővezetési tulajdonság és az elektromos vezetőképesség között is fennáll egy analógia. Az elektromosan vezető anyagok (fémek) hővezetési tényezője

jó. Ezzel ellentétben a nem fémes anyagok hővezetési tényezője lényegesen rosszabb. Ezek hőszigetelő tulajdonságúak. Mindennek alapvető magyarázata, hogy a fémekben sok a szabad elektron, melyeknek a feszültségkülönbség hatására történő áramlása hőáramlásban is szerepet játszik.

Külön meg kell említeni a szerves és a szervetlen szálak anyagokból kialakított laza szerkezetű rétegeket is, amelyek különösen kis hővezetési tényezőjűek, azaz kiváló hőszigetelők. Ennek oka azonban nem maga az anyag tulajdonságaiban keresendő, hanem a szálak közötti, igen bonyolult szerkezetű teret kitöltő levegőben. A levegőnek és általában minden gáznak, kis nyomásokon a hővezetési tényezője igen kicsi. Ezen felismerésen alapul a hőszigetelő anyagok gyártásának elmélete. Jó hőszigetelő képességű anyag előállításához annak szerkezetét úgy kell kialakítani, hogy abban a lehető legtöbb és a lehető legapróbb légzárványok legyenek (műanyag habok, laza szerkezetű, bolyhos szövet, ..., stb.).

Az apró légzárványokon belül a hő vezetéssel terjed. Nagyobb légzárványok esetén kevésbé jó a hőszigetelőképeség, mivel ezekben a bezárt levegő már nem marad nyugalomban, hanem a hőmérséklet különbség hatására a zárványon belül áramlásba jön.

Végezetül megjegyezzük, hogy a folyadékok hővezetőképessége viszonylag jó, ami ismét csak az anyag szerkezetére vezethető vissza. A hővezetésre vonatkozó összefüggés megértéséhez jól használhatunk egy villamos analógiát. A feszültség szerepét itt a hőmérséklet különbség tölti be, a hőáram megfelel az áramerősségnek és végül az elektromos ellenállás szerepét a falvastagság és a hővezetési tényező hányadosa, a hőellenállás tölti be a

$$\dot{q} = \frac{\Delta t}{R} \quad \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (2.5)$$

szerint. Ez a villamos analógián alapuló értelmezés jó segítséget nyújt olyan, a gyakorlatban elég sűrűn előforduló esetek kezelésére, amikor a hővezetés olyan sík falon keresztül valósul meg, mely több, különböző anyagú rétegből épül fel. Ilyen esetben a többrétegű sík fal eredő hőellenállása az egyes rétegek hőellenállásainak összege, hasonlóan ahhoz, ahogy a sorba kapcsolt elektromos ellenállások eredője is az egyes ellenállások összege. Tehát

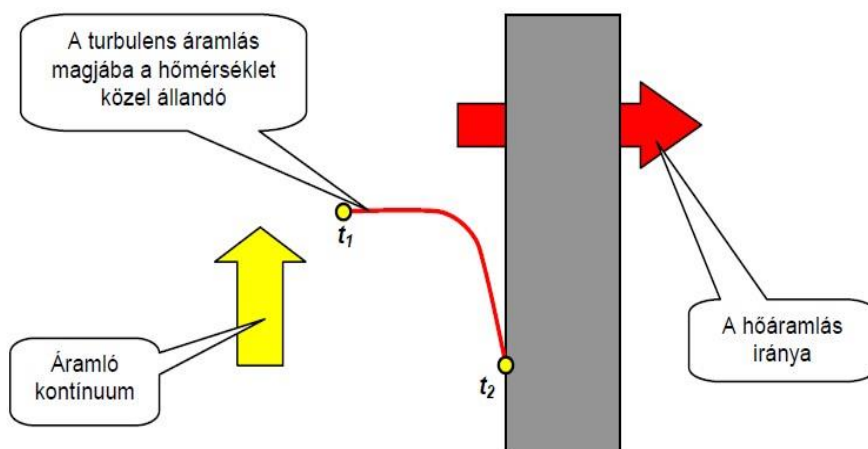
$$R_e = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta x_i}{\lambda_i} \quad \left[\frac{m^2 K}{W} \right]. \quad (2.6)$$

Ezzel az eredő hőellenállással ugyanazon Fourier - összefüggést alkalmazhatjuk a többrétegű sík fal esetén is.

A hőátadás a hőterjedésnek az a módja, amikor az áramló kontinuum hőt ad le vagy vesz fel valamilyen szilárd felületre, illetve felületről. A hőterjedésre ebben az esetben más törvények érvényesek, mint a hővezetésre. Bár kétségtelenül szerepet játszik az ilyen esetben kialakuló hőáram nagyságában az is, hogy az áramló kontinuumnak milyen anyagi jellemzői (ezek között milyen a hővezetési tényező) vannak, de e mellett meghatározó jelentőségű az, hogy a kontinuum áramlása milyen (lamináris vagy turbulens). Hőátadás van például többretegű üvegezett ablakoknál az egyes üvegrétegek között. A lamináris áramlás esete közelebb áll a hővezetéshez, míg az intenzív keveredéssel együtt járó turbulens áramlás esetén, amikor lehetséges, hogy a részecskék a mozgásuknak köszönhetően közvetlenül is adjanak át hőt a szilárd test felületére, jóval nagyobb hőáramok alakulhatnak ki. Ugyancsak megfigyelhető, és a turbulens áramlásra jellemző intenzív keveredés miatt, hogy a turbulens áramlásokban a szilárd test felületétől távolabb (a határrétegen kívül) gyakorlatilag mindenütt ugyanaz a hőmérséklet mérhető. A hőmérsékletváltozás jellegét szilárd test mellett áramló kontinuumban az 4. ábra mutatja.

4. ábra: Hőmérsékletváltozás a hőátadás során

(Forrás: Író B. (2007): Hő- és Áramlástan)



A szilárd test felülete és az áramló kontinuum közötti hőátadás jelenségére Newton állított fel egy tapasztalati összefüggést

$$\dot{q} = \alpha \cdot \Delta t \left[\frac{W}{m^2} \right]. \quad (2.7)$$

A (2.7) összefüggésben α az úgynevezett hőátadási tényező, ami az egységnyi hőmérsékletkülönbség hatására, időegység alatt a felületegységen átadott hőmennyiséget jelenti. Mértékegysége W/m^2K . A hőátadási tényező elsősorban a kontinuum áramlásának

jellemzőitől, így pl. a Re - számtól függ¹. E mellett fontos szerepet játszanak a hőátadási tényező értékében a kontinuum anyagi jellemzői, úgymint a hővezetési tényező, a fajhő², a sűrűség és a kinematikai viszkozitás, ami Környey (2005) szerint nem más, mint az a belső súrlódás, ami egy gáz vagy folyadék (fluidum) belső ellenállásának mértéke a csúsztató feszültséggel szemben. A hőátadás tehát nem anyagi jellemző. Meghatározása döntően modellkísérletek alapján felállított, hasonlósági kritériumokat (hasonlósági számokat) tartalmazó úgynevezett kritériális egyenletek segítségével történik.

2.3.4. Mit is jelent a hő?

Többször említtem a szakdolgozatomban hőenergia kifejezést, azonban nagyon fontos definiálni, hogy mit is jelent pontosan a hő! Barótfi (2008) szerint a hő a hőmérséklet-eloszlás inhomegenitására létrejövő transzportmennyiség. Tehát tulajdonképpen nem nevezhető állapotjelzőnek és energiafajtának se! Így a hőenergia kifejezés ezért nem is helyes, de mégis általánosan használatos.

2.3.5. Hőszükséglet vagy hőveszteség?

A $http1$ szerint a hőszükséglet az az energiaáram, amelyet méretezési feltételek mellett a fűtőberendezéssel az épületbe vagy akár a helyiségbe kell juttatnunk ahhoz, hogy ott az előírt belső hőmérséklet létrejöjjön. A hőszükséglet gyakorlatban nagyon közel áll a hőveszteséghez, ugyanis hosszabb időszakot nézve biztosan igaz, hogy ugyanannyi energiát kell a fűtéssel az épületbe bevezetnem, mint amekkora annak a hővesztesége. Beszélhetünk egy épület, vagy egyes helyiségek hőszükségletéről. A hőveszteség a helyiségből, illetve az épületből a környezetbe transzmissziós és konvektív úton távozó energiaáram. A hőveszteség egy részét a nyereségáramok, másik részét a fűtési rendszer teljesítménye fedezi. A hőszükséglet számítás célja annak az energiaáramnak a meghatározása, amely az adott éghajlati területen várható szélsőséges időjárási feltételek mellett az előírt belső hőmérséklet kielégítő biztonságú fenntartásához szükséges és elégséges. Ha az épületen belül különböző hőmérsékletű helyiségek vannak, a helyiségek között is kialakulhatnak energiaáramok. Ezeket figyelembe kell venni egy-egy helyiség méretezésekor, de érdektelenek az épület egésze szempontjából, mert kiegyenlítik egymást! A beépítendő fűtőteljesítmény nagyobb, mint a hőszükséglet. A

¹ A Reynolds szám egy hasonlósági dimenziómentes szám és értéke egyenesen arányos az áramlás sebességével és egy jellemző hossz mérettel, és fordítottn arányos a viszkozitással.

² Megmutatja, hogy mennyi energia szükséges 1 kg anyag hőmérsékletének 1 °C - al történő emeléséhez, mértékegysége kW/kg°C.

különbség a fűtési rendszer saját veszteségeiből adódik. A hőszükséglet több összetevőből számítható ki. A fűtési hőszükséglet meghatározására egy helyiség esetében a következő általános összefüggés szolgál:

$$\dot{Q}_f = \dot{Q}_{tr,e} + \dot{Q}_{tr,i} + \dot{Q}_{inf} - \dot{Q}_s - \dot{Q}_b [W], \quad (2.8)$$

ahol:

- $\dot{Q}_f$ a fűtési hőszükséglet [W];
- $\dot{Q}_{tr,e}$ a külső transzmissziós energiaáram [W];
- $\dot{Q}_{tr,i}$ a belső transzmissziós energiaáram [W];
- $\dot{Q}_{inf}$ a filtrációs hőszükséglet [W];
- $\dot{Q}_s$ a napsugárzásból származó energiamennyiség [W];
- $\dot{Q}_b$ a belső hőnyereség.

2.3.6. Külső és belső transzmissziós energiaáram

A [http1](#) szerint a külső transzmissziós energiaáram számítását azokra a határoló- és nyílászáró szerkezetekre kell elvégezni, amelyek a méretezett helyiséget a külső környezettől vagy a talajtól választják el. Számítása a

$$\dot{Q}_{tr} = \sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j \cdot (t_i - t_e) [W], \quad (2.9)$$

ahol:

- U_j a j - ik szerkezet hőátbocsátási tényezője [W/m²K];
- A_j a j - ik szerkezet felülete [m²];
- t_e a külső hőmérséklet méretezési értéke [°C];
- t_i a helyiség belső hőmérséklete [°C];
- n a helyiséget a külső környezettől elválasztó szerkezetek száma, ami egy konstans.

A [http2](#) szerint a hőátbocsátási tényező a szerkezet általános helyen vett metszetére vagy a termék egészére számított W/m²K mértékegységű jellemző, amely tartalmazza a nem homogén szerkezetek esetén a szerkezeten belül, jellemzően előforduló átlagos mennyiségben figyelembe vett pontszerű (rögzítési rendszerek, konzolok, csavarok, átkötő vasak, ..., stb. által

okozott) és vonalmenti (vázszerkezetek, hézagok, panelcsatlakozások, ..., stb. által okozott) hőhidak hatását is.

Barótfi (2008) szerint az épületszerkezeteknek azon helyeit nevezzük hőhídnak, ahol többdimenziós hőáramlás van. Annak kialakulásának több oka lehet. Ilyen például a szerkezet geometriai formája (sarkok közelében), különböző hővezető képességű anyagok párhuzamos beépítése (például: beton és betonvas) vagy ha eltérnek a hőátadási tényezők (például a belső fal elé állított bútorok hatása miatt). A hő ezeken a helyeken nem a szerkezetre merőlegesen áramlik, hanem ahol legkisebb az ellenállás, például oldalirányba is. A gyakorlatban a teljes hőhídmentesítés szinte lehetetlen.

A α_{tr} szerint talajjal érintkező padló és fal esetén a hőveszteség sok olyan paramétertől függ, amelyek értéke bizonyos esetekben ismeretlen számunkra. Ilyen lehet például a talaj hővezetési tényezője, annak hőmérséklete; a talajvíz szintje és annak áramlása. Amennyiben ezek rendelkezésre állnak, abban az esetben is azt kell figyelembe venni, hogy ezt a térbeli hőáramlási feladatot csak speciális módszerekkel (például véges elem módszerekkel) lehet modellezni. Mivel normál tervezési feladatoknál nincs sem idő, sem szükség ilyen bonyolult, időigényes és költséges módszerek alkalmazására, ezért a MSZ-04-140/3-87 szabvány a helyiség külső kerületére vonatkozó vonalmenti hőátbocsátási tényező, Ψ értékére a szerkezet hővezetési ellenállásától, valamint a padlószint és talajszint különbségétől függően adja meg az értékeket. Az 5. ábrán látható egy metszeti rajz a vonalmenti hőátbocsátási tényező szemléltetéséről, ha a földszint a talajszint felett van. A t_e jelöli a kinti hőmérséklet értékét, a t_i a bentit. A Z , a talajszint és a padló közti távolság, ami lehet pozitív és negatív. Pozitív akkor, ahogy azt az 5. ábra is mutatja, hogy a padló a talajszint felett van. Negatív ezen érték, ha a padló a talajszint alatt található. A nyílak a hőáramlás irányát mutatják. A lényeg, hogy a veszteség sosem marad a földben, az minden esetben kijut a levegőbe (kisebb vagy rövidebb úton). A hőátbocsátás mértéke annál kisebb, minél nagyobb utat kell a hőnek megtennie a szabad légterig. A talajjal érintkező szerkezeteken áthaladó transzmissziós energiaáram az alábbi összefüggéssel számítható:

$$\dot{Q}_{tr} = \sum_{j=1}^m \Psi_j \cdot l_j \cdot (t_i - t_e) \quad [W], \quad (2.10)$$

ahol:

- Ψ_j a j - ik talajjal érintkező szerkezet vonalmenti hőátbocsátási tényezője [W/m^2K];
- l_j a j - ik szerkezethez tartozó külső élhossz [m];
- t_e a külső hőmérséklet méretezési értéke [$^{\circ}C$];

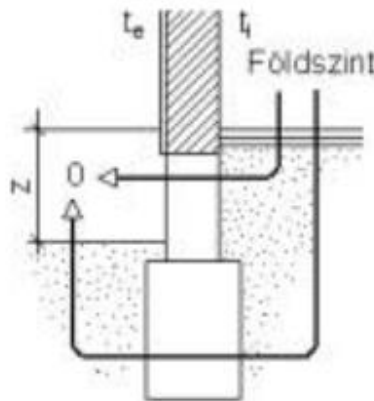
- t_i a helyiség belső hőmérséklete [$^{\circ}\text{C}$];
- m a helyiség talajjal érintkező szerkezetek száma.

A külső transzmissziós energiaáramot a helyiség időállandójának (hőtárolóképességének)³ függvényében egy helyesbítő tényezővel (P_T) szorozni kell. Ennek figyelembevételével a külső transzmissziós energiaáram a következőképpen alakul:

$$\bullet \quad \dot{Q}_{tr,e} = P_T \cdot (\dot{Q}_{tr,h} + \dot{Q}_{tr,l}) \quad [\text{W}]. \quad (2.11)$$

5. ábra: Vonalmenti hőátbocsátási tényező

(Forrás: https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/12552/2010-0017_12_epuletenergetika.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)



A helyesbítő tényező értéke látható az 1. táblázatban a T időállandó függvényében.

1. táblázat: Időállandótól függő helyesbítő tényezők

(Forrás: Baumann M. (2012): Épületenergetika)

T [nap]	P_T
< 2	1,05
$2 \dots 4$	1,00
> 4	0,95

³ A [11] hivatkozás szerint a hőtárolóképesség az egyes rétegek vastagságának, testsűrűségének [kg/m^3 -ben] és a 2.3.3. fejezetben definiált fajhőjének a szorzata.

2.3.7. Belső transzmissziós energiaáram

A [http1](#) szerint a belső transzmissziós energiaáram a méretezett helyiséget a szomszédos terektől elválasztó határoló és nyílászáró szerkezetekre a következő összefüggéssel meghatározható:

$$\dot{Q}_{tr,l} = \sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j \cdot (t_i - t_{sz}) \quad [W], \quad (2.12)$$

ahol:

- U_j a j - ik szerkezet hőátbocsátási tényezője [W/m^2K];
- A_j a j - ik szerkezet felülete [m^2];
- t_{sz} a szomszédos tér hőmérséklete [$^{\circ}C$];
- t_i a helyiség belső hőmérséklete [$^{\circ}C$];
- n a helyiséget a szomszédos terektől elválasztó szerkezetek száma.

A belső szerkezetek eredő hőátbocsátási tényezőjének számítása során a hőhidak hatásának figyelembevétele és a csatlakozási vonalak csak $(t_i - t_{sz}) > 8\text{ K}$ esetén végezhetők el. Ha a szomszédos tér más rendeltetési egységhez tartozik és a fűtésére egyedi készülék vagy egyedileg szabályozható és fogyasztásarányosan elszámolt központi rendszer szolgál, akkor a hőmérséklete az előírt helyiség-hőmérsékletnél 4 K - nel alacsonyabbnak tekintendő. Erre jó példa, ha egy társasházban egy helyiségbe tervezett hőleadó teljesítményének számításakor azt tételezzük fel, hogy a vele határos szomszédos lakást huzamosabb időn keresztül csak temperálják, vagyis nem tartják az előírt helyiség-hőmérsékletet.

2.3.8. Filtrációs hőszükséglet

A [http1](#) kimondja, hogy a filtrációs hőszükségletet a tervezett fűtőberendezésnek kell fedeznie! A légtechnikai rendszerekbe beépített légfűtők teljesítménye ebbe nem számolható bele, mivel például, ha a légfűtővel a helyiség hőmérsékleténél nagyobb hőmérsékleten van a levegőbefűtés, akkor ez a segédberendezés csökkentené a fűtési hőszükségletet. Egy adott helyiségbe több térből is - mint például a környezetből vagy a szomszéd helyiségekből - juthat be levegő. Ebben az esetben a helyiség filtrációs hőszükséglete a számított energiaáramok algebrai összegével egyenlő. Ha nem dönthető el, hogy a lehetséges útvonalak közül melyiken mekkora a levegőáram, akkor a lehetséges legkedvezőtlenebb esetet kell figyelembe venni. Tehát úgy kell kalkulálni, mintha az összes levegő a legalacsonyabb hőmérsékletű térből lépne

be. Ha a helyiségbe bejutó légáram hőmérséklete a helyiségre előírt hőmérsékletnél nagyobb, akkor a helyiségnek filtrációs hőnyeresége van. A filtrációs hőszükséglet meghatározása a következőképpen lehetséges.

$$\dot{Q}_{inf} = L \cdot \rho_{be} \cdot c \cdot (t_i - t_{be}) \quad [W]. \quad (2.13)$$

- L a levegő térfogatárama [m³/s];
- ρ_{be} a belépő levegő sűrűsége [kg/m³];
- c a levegő fajhője [J/kgK];
- t_i a belső levegő hőmérséklete [°C];
- t_{be} a belépő levegő hőmérséklete [°C].

A filtrációs légmozgást a sűrűségkülönbség, a szél- és a kiegészítő szellőztetés okozza. Ezek mindegyike több paraméter függvénye, ezért a pillanatnyi levegőforgalom változó lehet. Emiatt különféle módszerekkel történik a légmennyiség becslése. A helyiségekben legalább a szükséges légcsereszámhoz tartozó fűtőteljesítményt biztosítani kell! Ha a szükséges légcseré több feltétel függvénye (ilyenek lehetnek a tüzelőberendezés égési levegője, a biztonsági előírások vagy a benntartózkodók száma), akkor az adódó legnagyobb értékkel kell számolni, mint szükséges légcsereszám!

A filtrációs levegőforgalom és a szükséges légcsereszám közül mindig a nagyobbat kell alkalmazni a hőszükséglet számítás során! A tervezésnél olyan méretű hőleadókkal kell számolni, hogy az ott tartózkodóknak minden gond nélkül lehetőségük legyen ablaknyitással a szükséges légcserét megvalósítani. Vannak olyan helyiségek, amelyek szükséges légcsereszámát, vagy a szükséges szellőzési térfogatáramokat előírások szabályozzák. Lakószobákra - ha egyéb követelményből magasabb érték nem adódik - minimum $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ légcsereszámmal számolni kell! A gyakorlatban célszerű a számítást $n = 0,8 \text{ h}^{-1}$ értékkel végezni. Ugyanis ez a légmennyiség szükséges ahhoz, hogy a helyiség levegőjébe jutó szennyezőanyagokat biztonságosan el lehessen távolítani vagy, ha nem is teljesen, de elfogadható mértékűre hígítani. Lakások esetében a szennyezés elsősorban emberi hatás vagy cselekedet következménye. Ilyen lehet, akár a lakásban fejlődő vízgőz, vagy a benntartózkodók széndioxid kibocsátása, de ezen kívül a szellőzés szolgál különféle szagok, oldószerek gőzeinek eltávolítására is.

A lakás nagyobb terhelésű helyiségeiben javasolt tervezési értékek:

- fürdőszoba: 45 m³/h;
- konyha: 45 m³/h;
- WC: 15 m³/h.

Ezekben a helyiségekben célszerű inkább ezekkel az értékekkel számolni, mint a légcsereszámokkal, mert a terhelés többnyire a helyiség méretétől független. Az értékek átlagos értékek, mert a szellőztetés ugyan nagyobb légmennyiségekkel történik, de szakaszosan.

Nagyobb létszámok tartózkodására szolgáló helyiségekben a CO₂ koncentráció egészségügyi határérték fölé való növekedésének megakadályozása miatt minimum 20 m³/h egy főre eső térfogatárammal kell számolni! Például dohányzás vagy magasabb komfortigény esetén lehet ezen értékek fölé menni. Nagyobb létszám esetén célszerű a személyek hőleadásával is számolni, a filtrációs energiaáram mellett.

Ha az épület vagy helyiség légtechnikai rendszerrel van ellátva, akkor - feltéve, hogy az biztosítja a helyiség szükséges légcseréjét - a tervezett légmennyiségekkel kell számolni! Korszerű, hőszigetelt épületek esetében a filtrációs hőigény gyakran nagyobb, mint a transzmissziós hőveszteség. Energia megtakarítási szándékkal ezért egyre gyakrabban készülnek épületek hővisszanyerővel felszerelt, szabályozott szellőzést biztosító légtechnika rendszerekkel, amelyekben a távozó levegő energiáját felhasználva történik a szellőző levegő előmelegítése.

2.3.9. Napsugárzásból származó energiaáram

A [http1](#) szerint a napsugárzásból az energia általában üvegen keresztül jut be az épületbe. Így a napsugárzási energiaáram a következőképpen számítható:

$$\dot{Q}_s = A_{\ddot{u}} \cdot \dot{q}_s \quad [W]. \quad (2.14)$$

ahol:

- $A_{\ddot{u}}$ az üvegezett szerkezet felülete [m²];
- $\dot{q}_s$ a napsugárzás fajlagos energiaárama [W/m²].

A napsugárzás fajlagos energiaárama függ a benapozástól és a tájolástól.

2. táblázat: Üvegezett szerkezeteken keresztüli energianyereség tervezésiértéke

(Forrás: Baumann M. (2012): Épületenergetika)

Tájolási szektor	D		DK és DNy		K és Ny		É	
Benapozás	Teljes	Részben	Teljes	Részben	Teljes	Részben	Teljes	Részben
$\dot{q}_s$ [W]	45	25	30	20	15	10	0	0

Ha egy helyiségben több üvegezett külső felület van, akkor a számítást minden egyes felületre külön - külön el kell végezni, majd az így kapott részeredményeket összegezni!

A fajlagos energiaáram értékeiből látható, hogy a napsugárzásból származó nyereség csak kis mértékben van hatással a teljes hőszükséglet eredményére. Ez amiatt van, mert egyrészt a biztonságra kell törekednünk, ugyanis a fűtési rendszer teljesítményének akkor is elegendőnek kell lenni, ha nem süt a nap!

Ennek ellenére a napsugárzás figyelembevételének célja, hogy lássuk az eltérő tájolású helyiségek közti különbségeket, és azokat is valamelyest figyelembe tudjuk venni. A fent említett biztonság miatt a szabvány értelmében ez a számítás elhagyható, ha a fűtési rendszer zónázott és az egyes zónák szabályozása napsugárzásérzékelőről történik. Akkor is elhagyható ez a számítás, ha a fűtési rendszer helyiségenkénti szabályozási lehetőséget biztosít, például termosztatikus radiátorszelepekkel. Mivel szinte ma már alapvető elvárás a helyiségenkénti szabályozhatóság, ezért gyakran van, hogy a napsugárzásból származó nyereséggel nem számolnak.

2.3.10. Belső hőnyereség

A belső hőnyereség származhat például gépek-, világítás- és emberek hőleadásából. Ezzel a hőnyereséggel a fűtési hőszükséglet csökkenthető. Azonban csak akkora belső hőnyereséggel szabad a fűtési hőszükségletet csökkenteni, amely biztosan rendelkezésre áll a méretezési állapotban.

Nagyon sok esetben elvárás, hogy a helyiség hőmérsékletét már a használat kezdetére biztosítani kell, ugyanakkor az emberek hőleadásával nem lehet számolni, mert azok nem tartózkodnak még ott, valamint a gépek nincsenek még bekapcsolva, így hőt sem adhatnak le.

A [http3](#) szerint egy átlagos ember bőrfelszíne körülbelül $1,8 \text{ m}^2$, és akkor érzi jól magát, ha (2.7) összefüggésben látható hőáramkibocsátásának értéke körülbelül 200 W . Így, ha nézünk egy zsúfolt színháztermet vagy mozitermet, ahol az emberek hőleadása meghaladhatja a helyiség hővesztéseit (sok – sok 200 W), akkor úgy tűnhet, hogy fűtésre már nincs is szükség,

viszont elvárás, hogy az előadás kezdetére megfelelő hőmérséklet legyen a teremben. Ne hideg terembe kelljen az embereknek érkezniük. Így, a fűtési rendszert arra az állapotra kell méretezni, amikor még nem tartózkodik ott senki!

3. Eredmények és értékelésük

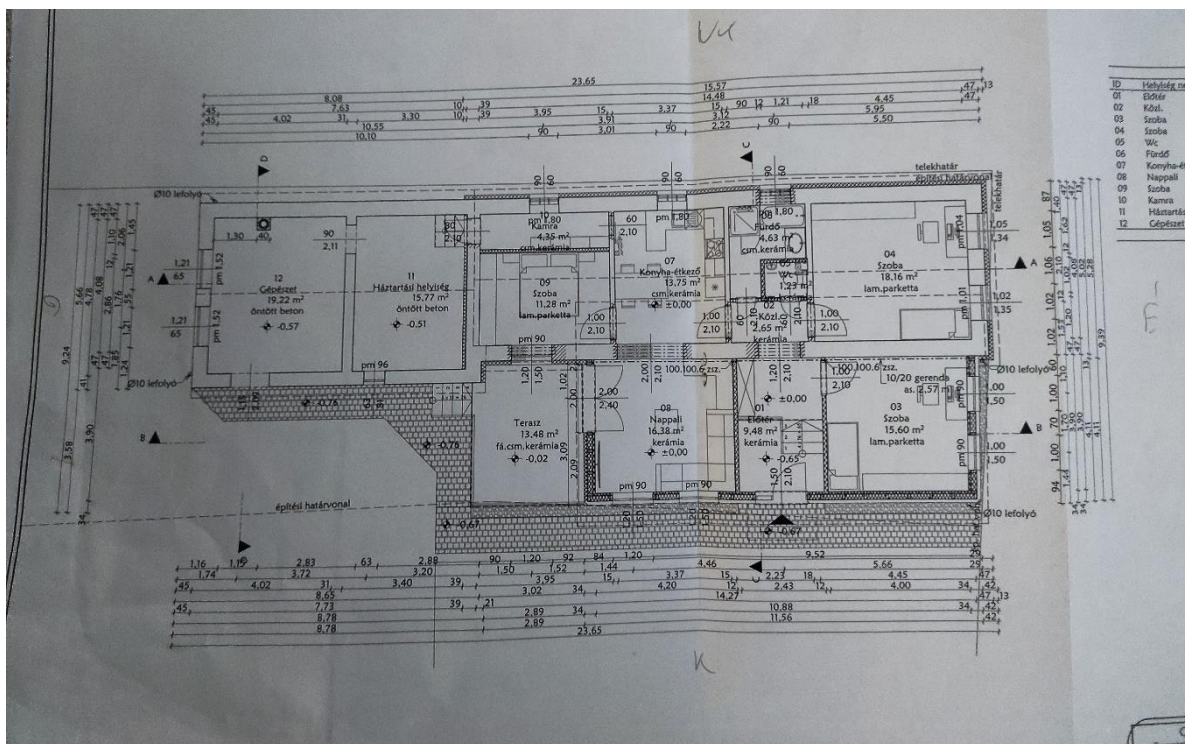
3.1. Környezet bemutatása

Ahogy az 1. fejezetben is említettem egy hőszükséglet számítást fogok elvégezni egy felújítás alatt lévő családi ház esetében. A téglá építésű családi ház az 1960 - as években épült, ami bővítve lesz egy könnyűszerkezetes résszel. A 6. ábrán látható a már elkészült tervrajz. A tervrajzra kézzel megjelöltem az egyes égtájakat.

A nettó hasznos terület $132,5 \text{ m}^2$. A házban megtalálható előtér, közlekedő, WC, fürdő, konyha - étkező, nappali, kamra, háztartási helyiség, gépészeti helyiség és 3 lakószoba. A 6. ábrán látható még egy terasz is, de az, mivel nem fedett, nem fog szerepet játszani a számításom során. Az építménymagasság $4,13 \text{ m}$, a földszint a talajszint felett található.

6. ábra: Családi ház alaprajz

(Forrás: Saját szerkesztés)



3.2. Szerkezetek definiálása

Ahhoz, hogy el tudjam kezdeni a különféle hőszükséglet számításokat a 6. ábra segítségével először el kell készítenem a szerkezeteket! A szerkezetek olyan elemek, amik a családi házat elhatárolják a környezettől. Ilyenek lehetnek falak, nyílászárók (ajtók, ablakok), padló, padlásfödém, ..., stb. Ezt a WinWatt energetikai szoftver segítségével fogom elvégezni.

Először létrehozok egy ajtót, ami a 6. ábrán lévő tervrajzon keleti tájolású. A bejárati ajtó nem tekinthető réteges szerkezetnek, hanem egy ismert szerkezetnek, aminek típusa, ahogy az a 7. ábrán is látszik, külső ajtó lesz. Megadom annak magasságát, szélességét és hajlásszögét, ami függőleges. Ugyanilyen módon a programban létrehozom a teraszajtót és a gépészet ajtót is.

7. ábra: Ajtó szerkezet a WinWatt programban

(Forrás: Saját szerkesztés)

Szerkezetek - ajtó

Típus: ajtó (külső)

x: m

y: m

Hőátbocsátási tényező W/m2K

Rétegtípus megengedett érték: 1,45 W/m2 K

Hajlásszöggel kiegészítve ☒ függőleges

Méretsor

- 1,3 * 2,1
- 0,8 * 2
- 0,9 * 2
- 1,5 * 2,1

Következő szerkezetem egy ablak. A 6. ábrán lévő 03 - as szoba utcai nagy ablakának fogom bevinni a paramétereit a szoftverbe. Az ajtóhoz hasonlóan ez is egy ismert szerkezet, aminek típusa ablak (külső, fa vagy PVC). Mérete 1,5x1,5 m. A (2.6) összefüggésben látható hőellenállás helyett a programban a hőátbocsátási tényezőt (hőellenállás reciproka) adom meg, méghozzá számítással összetevők alapján. Az üvegezés levegő töltésű kettős üvegezés a 8. ábrán látható távolságokkal. 4 mm vastag az üveg egy rétege, 16 mm pedig a két üvegréteg távolsága. Ebben a 16 mm – ben helyezkedik el a levegő. Az ablakkeret 75 mm vastag PVC, 4 – 5 légkamrával. A http4 szerint a kamrák hő- és hangszigetelésre szolgálnak. Továbbá garantálják az ablak stabilitását. Számuk azt határozza meg, hogy az elszeparált tereket a profilban hány légréteg válassza el egymástól. Minél nagyobb a kamraszám, annál jobb a szigetelés. Megadom az ablakkeret és az üveg felületét. Ezután a program kiszámolja nekem az üvegezési arányt és a hőátbocsátási tényezőt. Mivel az ablakom függőleges, ezért a hajlásszöget itt is függőlegesre állítom. Továbbá mivel éjszaka függöny és redőny védi az ablakot, ezért a http5 szerint meg kell adom a (2.6) összefüggés segítségével a számított éjszaka társított szerkezet hővezetési ellenállását. Vagyis függöny és redőny alkalmazásával a hővezetési ellenállás minimálisan nagyobb lesz, így ennek reciprokával csökkenni fog az ablak eredő

hőátbocsátási tényezője. Ugyanilyen módon a programban létrehozom a gépészet-, a háztartási helyiség-, az udvari és az utcai ablakot is.

8. ábra: Ablak szerkezet a WinWatt programban

(Forrás: Saját szerkesztés)

Szerkezetek - utcai nagy ablak

Típus: ablak (külső, fa vagy PVC) Nyílászáró Méretnsor Nyílászáró számítása

x: 1 m Listába

y: 1,5 m

Hőátbocsátási tényező 2,43 W/m²K

Rétegtervi megengedett érték: 1,15 W/m²K

Hajlásszögkel kiegészítve ☒ függőleges

Számítási mód: Összetett mód

Üvegezés: Felvesz

Keret: Felvesz

Távtartó: Felvesz

Megnevezés	A [m ²]	L [m]	U [W/m ² K]	g [-]
PVC 75 mm-es 4-5 kamrás	0,4	-	1,4	-
4-16-4	1,1	-	2,8	0,78

Felfelé
Lefelé
Töröl

Eredő U érték: 2,43 W/m²K

Üvegezési arány: 73 %

A következő szerkezetem egy külső fal létrehozása. Ez az ablakhoz és az ajtóhoz képest már egy réteges szerkezet lesz, mivel több különálló rétegből áll. Típusa, ahogy az az 1. számú mellékletben is látható, külső fal. A [http5](#) szerint a külső hőmérsékletet -2 °C – ra a belsőt 20 °C – ra kell megadnom! Ezután megadom kívülről befelé a fal egyes rétegeit az anyagadatbázisból. Az első réteg egy 1,5 cm vastagságú nemes vakolat. A MSZ-04-140-2/1991 szerint megadok egy hővezetési korrekciós tényezőt a vakolatra 0,61 értékkel, mivel az külső hatásnak ki van téve. Külső hatás alatt a szabvány azt érti, hogy jelen esetben a csapadék közvetlenül éri a falat, vagyis a fal külső részén nincs védő felületképző réteg, így annak a (2.6) szerint a hővezetési ellenállása csökken, vagyis hőátbocsátási tényezője nagyobb lesz. Mindez azt jelenti, hogy a fal hőszigetelő képessége rosszabb lesz. A második réteg egy Austrotherm AT-H80 EPS hőszigetelés⁴. A H a homlokzatot jelöli, a 80 pedig a nyomófeszültséget⁵ 10% - os összenyomódásnál. A MSZ-04-140-2/1991 szerint itt is meg kell adnom egy hővezetési korrekciós tényezőt, mivel a szigetelés egy porózus felületű réteg, amelyre az építés vagy a

⁴ A hőszigetelés megnevezése: expanded polystyrene (expandált polisztirol). Ezek különféle vastagságú lapokban kaphatók. A préselt anyag 98% - a levegő, 2% - a polisztirol. Emiatt is nagyon jó a hőszigetelő tulajdonsága, egyben nagyon rossz hővezető.

⁵ A nyomóerő és a keresztmetszet hányadosa, aminek hatására a test megrövidül.

gyártás során habarcsréteget hordanak fel. Tehát a polisztirolhab hőszigetelő képessége rosszabb lesz. Az 1. számú melléklet szerint a következő rétegem egy B 30 – as téglafalazat. A B a falazóblokkot jelöli, a 30, annak vastagságát jelöli centiméterben. A 4. rétegem egy 1,5 cm – es javított mészvakolat. Ugyanilyen módon a programban létrehozom a könnyűszerkezetes és a szigeteletlen külső falat is.

A következő szerkezetem, ahogy az a 2. számú mellékleten is látszik egy kerámia padló. A külső falhoz hasonlóan ez is egy réteges szerkezet. Típusa egy talajra fektetett padló. A rétegrendet belülről kifelé választom, ahol is legfelül egy csempeburkolat található. Alatta egy 6cm – es kavicsbeton és egy 0,1 cm – es Masterfol-Blue Sd20 PE fólia. Ez egy rendkívül jó párazáró kék fólia. A [http6](#) szerint az Sd20 érték azt jelenti, hogy ez a 0,1 cm fólia akkora ellenállást fejt ki a párával szemben, mint 20 m levegőréteg. A 4. réteg egy 10 cm – es Austrotherm AT-N100 lépésálló hőszigetelő lap. Az N a normál terhelhetőséget a 100 a fentebb már említett nyomófeszültség értékét jelöli. Az 5. rétegben egy 0,4 cm vastag Vилоx O-V 4 T/K bitumenes vízszigetelő lemez található. A 6. réteg egy 15 cm vastag vasbeton, majd végezetül egy 20 cm – es kavicsfeltöltés. Ahogy az a 2. számú mellékletben is látszik a kerámia padló 70 cm – el magasabban fekszik, mint a külső talajszint. Az ablakhoz hasonlóan itt is be kell állítanom a hajlásszöveget, ami padló esetében vízszintes. Ugyanilyen módon a programban létrehozom az öntöttbeton és a parketta padlót is.

Utolsó réteges szerkezetem a padlásfödém lesz. Ennek szoftveres megvalósítása a 3. számú mellékletben látható. Ez is egy réteges szerkezet, a típusa pedig padlásfödém. A külső és belső hőmérsékletek, a páratartalom és a diffúziós időszak értékei szintén a [http5](#) szerint. Kívülről befelé az első réteg egy 10 cm vastag Rockwool Airrock LD kőzetgyapot lemez, ami kiválóan használható szarufák alatti hőszigeteléshez. A második réteg egy fenyőfából készült fadeszkáza. A harmadik réteg egy Leier üreges födempalló, majd utána egy Masterfol Soft Alu elnevezésű polietilén hálórősítésű polietilénfólia fényes polipropilén bevonattal. Ez a fólia hőszigetelt szerkezetek belső oldali párafékezésére alkalmas. Az 5. rétegem egy lécváz közötti zárt légréteg, mivel köztudottan a levegő relatíve rossz hővezető. Az utolsó réteg pedig a külső falnál is alkalmazott mészvakolat. A hajlásszöveget értelemszerűen vízszintesre állítom. A program segítségével elvégzek egy páradiffúziós számítást is. - A diffúziót a hőmérséklet, a relatív páratartalom és a diffúziós időszak befolyásolja. - Ehhez a programban kiválasztom a páradiffúziós számítást egyszerűsített módon vizsgálati jelentéssel. Ennek eredménye látható a 4. számú mellékletben. A [http6](#) szerint a levegő által felvett vízpára mennyisége a hőmérséklettől függ. A hideg levegő kevesebb vizet tud felvenni, mint a meleg levegő. Ha az adott nedvességtartalmú levegő olyan hőmérsékletre hűl le, melynél a telítési nyomás kisebb a

levegőben levő vízgőz parciális nyomásánál⁶, a levegőből annyi nedvesség csapódik ki, hogy a levegőben maradt vízgőz parciális nyomása nem lépi túl a telítési értéket. A belső levegő vízgőztartalmának parciális nyomása télen 1000 és 1400 Pa értékkel nagyobb a külső levegőnél. A kialakuló parciális nyomáskülönbség hatására nedvességáram indul meg belülről kifelé. Párasodás kezdődik.

A 4. számú melléklet vízszintes tengelye a hőmérsékletet, a függőleges tengelye a parciális vízgőznyomást ábrázolja. A függőleges vonalak a 3. számú mellékleten látható egyes rétegek határát jelölik. A kék görbe a telítési nyomás változása. A zöld görbe a parciális (módosított) nyomás, ami, ha a telítési nyomás vonalán halad, vagy azt egy pontban érinti, akkor páralecsapódás történik, és be kellene avatkoznunk, akár a rétegrend módosításával. Jelen esetben a zöld görbe végig a kék görbe alatt fut, így a szerkezetben páralecsapódás nem alakul ki. A 3. számú mellékleten még alkalmaznom kell egy hőátbocsátási tényezőt módosító tagot a geometriai hőhidak miatt! Padlásfödém esetén 10% - al meg kell növelnem a (2.9) összefüggésben látható hőátbocsátási tényező értékét.

Ezzel a szerkezetek definiálásával végeztem, aminek eredménye az 5. számú mellékletben látható. A következő fejezetben ezeket felhasználom a helyiségek elkészítéséhez.

3.3. Helyiségek definiálása

Létre kell hoznom a 6. ábrán, lévő helyiségeket! Fontos megemlítenem, hogy pince nincs a családi ház alatt, hanem ahogy azt a 3.1. fejezetben írtam mindenhol talajon lévő padló van 4,13 m építménymagassággal.

3.3.1. Előszoba helyiségek létrehozása

Elsőként létrehozom a 6. ábrán látható 9,48 m² alapterületű előteret előszoba névvel. A 6. számú melléklet szerint a helyiség funkciója előszoba. Az alapterület 9,48 m², ami a szoba nettó belső méreteiből (falak nem számítanak) van meghatározva. A belmagasság 2,9 m. Ezután meg kell adnom az előszobát körülvevő határoló szerkezeteket! Tulajdonképpen azokat, amiket a 3.2. fejezetben létrehoztam. Ha megnézzük a 6. ábrát, láthatjuk, hogy van könnyűszerkezetes külső fal, ajtó, padlásfödém, illetve kerámia padló szerkezetünk.

Elsőként a külső ajtó (bejárati ajtó) határoló szerkezetet adom meg. Ez látható a 9. ábrán. Az ajtó keleti tájolású, szélessége (x méret) 1,5 m, magassága (y méret) pedig 2,1 m. Az

⁶ Író (2007) szerint valamely komponens parciális nyomása azt a nyomást jelenti, amelyet akkor lehetne mérni, ha az adott komponens ugyanazon hőmérsékleten egyedül lenne jelen a gázkeverék által kitöltött térben.

abszorpciós- és emissziós tényező jelen esetben számomra nem releváns, mivel azok nyári hőterhelés számításoknál lennének aktuálisak, azok viszont nem képezik e szakdolgozat tárgyát.

9. ábra: Ajtó határoló szerkezet adatainak megadása

(Forrás: Saját szerkesztés)

Határoló szerkezet adatainak módosítása

Típus: ajtó (külső)		Tömör felület	
x: 1.5 m	y: 2.1 m	Csillapítási tényező:	
Darabszám: 1		Késleltetés:	h
Levonandó felület: 0 m ²		Belső hőátadási ellenállás:	m ² K/W
Hőátbocsátási tényező: 1,15 W/m ² K		Fajlagos tömeg:	kg/m ²
Hőhid korrekció (W/m ² K): 0	...	Fajlagos hőtároló tömeg:	kg/m ²
Külső szerkezet helyzete		Külső szerkezet felülete	
Tájolás: 90° (K)		Napsugárzási abszorpciós tény.: 0,7	MSZ
Hajlásszög: függőleges		Környezeti emissziós tényező: 0,9	

Következő határoló szerkezet, amit megadok, az a könnyűszerkezetes külső fal. Ez a 10. ábrán látható. A fal szélessége a 6. ábra szerint 2,43 m, magassága pedig a belmagassággal egyezik meg, vagyis 2,9 m. Látható egy levonandó felület érték. Ez abból adódik és ahogy az a 6. ábrán is jól látható, hogy a bejárati ajtó itt helyezkedik el. Tehát a könnyűszerkezetes fal felületéből le kell vonnom a bejárati ajtó felületét. Ez pontosan 3,15 m². Ez azért fontos, mert amikor a (2.9) szerinti külső transzmissziós energiaáramot fogom a későbbiekben meghatározni, akkor nem csak a könnyűszerkezetes külső fal hőátbocsátási tényezőjét kell figyelembe vennem, hanem az ajtóét is!

A kerámia padlónál tulajdonképpen csak az előszoba nettó felületét adom meg, ami a 6. ábra szerint számolva 9,48 m².

Az előszobát még belső könnyűszerkezetes falak is elválasztják további helyiségektől, azonban ezen szerkezeteket jelen esetben nem veszem fel, mint határoló szerkezet, mivel feltételezem, hogy a teljes családi ház hőtároló tömege nehéz kategóriába tartozik (>400 kg/m²), abból, hogy tudom, hogy a falak többsége téglából fog készülni, így a belső falakat ezen energetikai számításnál figyelmen kívül hagyom.

10. ábra: Külső fal határoló szerkezet adatainak megadása

(Forrás: Saját szerkesztés)

Határoló szerkezet adatainak módosítása

Típus: külső fal

x: 2.43 m y: 2.9 m

Darabszám: 1

Levonandó felület: 3.15 m²

Hőátbocsátási tényező: 0.181 W/m²K

Hőhid korrekció (W/m²K): 0 ...

Külső szerkezet helyzete

Tájolás: 90° (K)

Hajlásszög: függőleges



A 6. számú melléklet utolsó határoló szerkezete a padlásfödém, itt is a kerámia padlóhoz hasonlóan meg kell adnom annak keresztmetszetét, ami 9,48 m². Minden egyéb paramétert már definiáltam a szerkezetek létrehozása során.

3.3.2. 04 – es számú lakószoba létrehozása

Ha megnézzük a 6. ábrát, akkor jól látható, hogy a 04 – es lakószobát a környezettől két homlokzati fal választja el. A nyugati oldali az telifal, az északi viszont két ablakkal ellátott. A tervrajzon a két ablak mérete különböző, azonban négyzetméterben számolva az eltérés századokban mérhető, így a számítás megkönnyítése végett én a két ablakot a szoftverben azonos méretűnek veszem, ahogy az a 7. számú mellékletben is látható.

Elsőként megadom azt a külső falat, ahol nincsenek ablakok. A szoba hossza, egyben a külső fal számítandó hossza 4,45 m, a szoba magassága a már korábban is leírt 2,9 m. Ezen méretekből a külső fal keresztmetszete kerekítve 12,9 m². A szerkezet tájolása nyugati, hajlásszöge függőleges. Mivel itt nincsenek ablakok, így értelemszerűen levonandó felület sincs. Vagyis ez azt jelenti, hogy amikor majd a 04 - es lakószobára a (2.9) szerinti külső transzmissziós energiaáramot fogom számolni, akkor nyugati oldalról elegendő csak a külső fal hőátbocsátási tényezőjét figyelembe venni.

Az északi oldal külső falának típusát, geometriai méreteit és helyzetét a fentiekhez hasonlóan adom meg, annyi különbséggel, hogy ezen felületből levonom a két ablak

keresztmetszetét. Emiatt is látható a 7. számú mellékletben a -A levonandó felület részénél 2,7 m² érték.

A padlásfödém és a parkettapadló definiálása a 3.3.1. fejezetben leírtak szerint történik. A 3.3.1. és 3.3.2 – ben leírtak szerint létrehozom a fennmaradó helyiségeket a szoftverben. Vagyis a mosókonyhát (tervrajzon háztartási helyiség), a műhelyt (gépészet), amiket kívülről szigetetlen fal határol. Továbbá a raktárt (kamra), a folyosót (közlekedő), a 03 - as lakószobát, a WC – t, a fürdőszobát, az egy légtérrel rendelkező konyhát és étkezőt, a nappalit és a 09 -es lakószobát. A nappalinál figyelni kell arra, hogy a külső tértől határos szigetelt falak felületéből le kellett vonnom a teraszajtó és a két udvari ablak felületét. A teraszajtóval, mint levonandó felület számolnom kell a külvilág felé, annak ellenére, hogy az ajtó a teraszra nyílik, viszont, mivel az nem zárt (nyitott terasz) nem fog szerepet játszani számításaim során. Úgy tekintek a teraszra, mintha az kvázi ott se lenne hőszükséglet számítás szempontjából. Továbbá, ahogy azt az előszoba helyiség megállapításánál tettem, a fenti helyiségek esetében sem fogok számolni a belső falakkal a 3.3.1 – ben említett hőtároló tömeg miatt. Így lehet az, hogy a WC és a folyosó esetében is csak a padlásfödém és a padlóval kell számolnom, mint határoló szerkezet! A teljes helyiséglista látható a 8. számú mellékletben.

A következő fejezetben elkezdem a téli hőszükséglet számítását mind analitikusan, mind szoftveresen.

3.4. Réteges szerkezetek hőátbocsátási tényezőinek kiszámítása

3.4.1. Szigetelt külső fal hőátbocsátási tényezőjének meghatározása

A tervezés következő lépéseként ki fogom számolni a 3.2. fejezetben megadott réteges szerkezetek hőátbocsátási tényezőit.

Ahogy az 1. számú mellékletben is látható a következő bemeneti adataim ismertek:

- 1 1,5 cm nemes vakolat;
- 2 Austrotherm AT-H80 EPS lap;
- 3 B 30-as téglafalazat
- 4 1,5 cm javított mészvakolat.

Először meghatározom a polisztirolhab korrigált hővezetési tényezőjének értékét, mivel az EN 13164:2012+A1:2015 szerint ismerem annak hővezetőképességét. A 3.2. fejezetben bemutatott korrekció 30%, így

$$\lambda_{\text{korrigált}} = \lambda \cdot (\kappa + 1) = 0,038 \cdot (0,3 + 1) = \underline{\underline{0,0494 \text{ W/mK}}}.$$

Ezután számolható a (2.5) – ben látható polisztirolhab hővezetési ellenállása az

$$R_{\text{polisztirolhab}} = \Delta x / \lambda_{\text{korrigált}} = 0,13 / 0,0494 = \underline{\underline{2,6316 \text{ m}^2\text{K/W}}}$$

összefüggés szerint.

Ugyanezen számítás alapján meghatározható a nemesvakolat, a téglafalazat és a javított mészvakolat hővezetési ellenállása is.

$$R_{\text{nemes vakolat}} = \underline{\underline{0,0094109 \text{ m}^2\text{K/W}}}.$$

$$R_{\text{tégla falazat}} = \underline{\underline{0,46875 \text{ m}^2\text{K/W}}}.$$

$$R_{\text{javított mészvakolat}} = \underline{\underline{0,017241 \text{ m}^2\text{K/W}}}.$$

Ezek után ki kell számolnom a (2.6) összefüggés segítségével a teljes fal hővezetési ellenállását a fenti értékek összegzésével.

$$R_{\text{külső fal}} = R_{\text{polisztirolhab}} + R_{\text{nemes vakolat}} + R_{\text{tégla falazat}} + R_{\text{javított mészvakolat}} = 0,0094109 + 0,46875 + 0,017241 + 2,6316 = \underline{\underline{3,1270019 \text{ m}^2\text{K/W}}}$$

Gyakran ennek reciprokát adják meg, vagyis a rétegtervi hőátbocsátási tényezőt, ami látható a (2.9) összefüggésben is, vagyis

$$U_{\text{r külső fal}} = 1/R_{\text{külső fal}} = 1/3,1270019 = \underline{\underline{0,3198 \text{ W/m}^2\text{K}}}.$$

Azonban a teljes réteges szerkezetnek megépítés után ennél nagyobb a hőátbocsátási tényezője a 2.3.6. fejezetben bemutatott hőhidasság miatt. Még hozzá 40% - kal, mivel a szerkezet egy erősen hőhidas egyéb külső falnak minősül. Erős hőhidasság külső fal esetén akkor fordul elő, ha 1 m² - re jutó hőhidak hossza nagyobb, mint egy méter. Tehát a fenti eredmény a következőképpen módosul:

$$U_{\text{külső fal}} = 1,4 \cdot U_{\text{r külső fal}} = 0,3198 \cdot 1,4 = \underline{\underline{0,4477 \text{ W/m}^2\text{K}}}.$$

Ennyi energia áramlik ki a szerkezet egy négyzetméternyi részén, ha a belső és külső tér közötti hőmérsékletkülönbség 1 K. Látható, hogy minél nagyobb igényeink vannak téli időben a házban hőérzet szempontjából, vagyis minél jobban fűtjük a házunkat, annál nagyobb energia fog kiáramlani az épületből. Továbbá azt ki kell emelnem, hogy a fenti és a további analitikus

számításokban a szoftveres számításokhoz képest századbeli kerekítési eltérések lehetnek! Ugyanis vannak esetek, ahol a program akár tízezred egységig számol, viszont én a számításom során csak maximum százados tizedesjegyre adom meg az eredményeket.

3.4.2. Könnyűszerkezetes külső fal hőátbocsátási tényezőjének meghatározása

A következő réteges szerkezet, aminek a hőátbocsátási tényezőjét meg fogom határozni, az a könnyűszerkezetes külső fal.

Itt a következő bemeneti adataim ismertek:

- 1 1,5 cm nemes vakolat;
- 2 10 cm Austrotherm AT-H80 EPS lap;
- 3 1,2 cm Betonyp cementkötésű forgácslap ($\lambda = 0,26 \text{ W/mK}$);
- 4 15 cm vastag Rockwool Airrock LD kőzetgyapot lemez;
- 5 1,2 cm Betonyp cementkötésű forgácslap
- 6 Masterfol Soft Alu elnevezésű polietilén hálóerősítésű polietilénfólia;
- 7 5 cm vastag Rockwool Airrock LD kőzetgyapot lemez;
- 8 1,5 cm javított mészvakolat.

Az 1. és 8. tétel hővezetési ellenállásait már a 3.4.1. témakörben meghatároztam, illetve a polisztirolhab korrigált hővezetési tényezőjét is ismerem. Azonban a 2. tétel hővezetési ellenállása jelen esetben kisebb lesz, mivel az EPS lap vékonyabb, 13 cm helyett csak 10 cm. Tehát a 10 cm - es polisztirolhab hővezetési ellenállása

$$R_{\text{polisztirolhab}} = \Delta x / \lambda_{\text{korrigált}} = 0,1 / 0,0494 = \underline{\underline{2,0243 \text{ m}^2\text{K/W}}}$$

Ugyanezen számítás alapján meghatározható a 4. és 7. tétel hővezetési ellenállása, mivel ezen szerkezeteknek is ismerem a hővezetési tényező értékeit az EN 12667:2001 szerint.

$$R_{\text{kőzetgyapot}} = \Delta x / \lambda + \Delta x / \lambda = 0,15 / 0,037 + 0,05 / 0,037 = \underline{\underline{5,4054 \text{ m}^2\text{K/W}}}$$

A fenti számítás alapján meghatározom a cementkötésű forgácslap-, a polietilénfólia- és az 5 cm vastag kőzetgyapot hővezetési ellenállását.

$$R_{\text{nemes vakolat}} = \underline{\underline{0,0094109 \text{ m}^2\text{K/W}}}$$

$$R_{\text{cementkötésű forgácslap}} = \underline{\underline{0,046154 \text{ m}^2\text{K/W}}}.$$

$$R_{\text{polietilénfólia}} = \underline{\underline{0,005 \text{ m}^2\text{K/W}}}.$$

$$R_{\text{jávitott mészvakolat}} = \underline{\underline{0,017241 \text{ m}^2\text{K/W}}}.$$

Ezek után ki tudom számolni a (2.6) összefüggés segítségével a teljes fal hővezetési ellenállását a fenti értékek összegzésével.

$$\begin{aligned} R_{\text{könnyűszerkezetes ülső fal}} &= R_{\text{polisztirolhab}} + R_{\text{kőzetgyapot}} + R_{\text{nemes vakolat}} + R_{\text{cementkötésű forgácslap}} + R_{\text{polietilénfólia}} \\ &+ R_{\text{jávitott mészvakolat}} = 2,0243 + 5,4054 + 0,0094109 + 0,005 + 0,046154 + 0,017241 = \underline{\underline{7,5075}} \\ &\quad \underline{\underline{\text{m}^2\text{K/W}}} \end{aligned}$$

A 3.4.1. fejezethez hasonlóan itt is a rétegtervi hőátbocsátási tényezőt adom meg, vagyis

$$U_{\text{r könnyűszerkezetes külső fal}} = 1/R_{\text{könnyűszerkezetes külső fal}} = 1/7,5075 = \underline{\underline{0,1332 \text{ W/m}^2\text{K}}}.$$

Itt is alkalmaznom kell a 40% - os növekményt, ahogy azt a 3.4.1. fejezetben is tettem. Tehát a fenti eredmény a következőképpen módosul:

$$U_{\text{könnyűszerkezetes külső fal}} = 1,4 \cdot U_{\text{r könnyűszerkezetes külső fal}} = 0,1332 \cdot 1,4 = \underline{\underline{0,1865 \text{ W/m}^2\text{K}}}.$$

3.4.3. Padlásfödém és padló hőátbocsátási tényezőinek meghatározása

A fennmaradó réteges szerkezetek a padlásfödém és a padlók (kerámia-, öntött beton-, parketta padló).

A padlásfödém esetén a következő bemeneti adataim ismertek:

1. 10 cm vastag Rockwool Airrock LD kőzetgyapot lemez;
2. 2,5 cm fenyőfa deszka;
3. 20 cm Leier üreges födempalló;
4. 0,1 cm Masterfol Soft Alu polietilén hálórősítésű polietilénfólia;
5. 3 cm zárt rétegű hőszigetelés (hő felfelé áramlik);
6. 2 cm jávitott mészvakolat.

A részletes számítási módokat a 3.4.1 és a 3.4.2. fejezetekben már bemutattam, így itt már csak a hővezetési ellenállás és a hőátbocsátási tényező értékeinek eredményeit fogom megmutatni.

$$R_{\text{kőzetgyapot}} = \underline{\underline{2,7027 \text{ m}^2\text{K/W}}}.$$

$$R_{\text{fenyőfa deszka}} = \underline{\underline{0,13158 \text{ m}^2\text{K/W}}}.$$

$$R_{\text{födempalló}} = \underline{\underline{0,16 \text{ m}^2\text{K/W}}}.$$

$$R_{\text{polietilénfólia}} = \underline{\underline{0,005 \text{ m}^2\text{K/W}}}.$$

$$R_{\text{zárt rétegű hőszigetelés}} = \underline{\underline{0,14 \text{ m}^2\text{K/W}}}.$$

$$R_{\text{javított mészkövek}} = \underline{\underline{0,024691 \text{ m}^2\text{K/W}}}.$$

Ezek után ki tudom számolni a (2.6) összefüggés segítségével a teljes padlásfödém hővezetési ellenállását a fenti értékek összegzésével.

$$R_{\text{padlásfödém}} = \underline{\underline{3,1640 \text{ m}^2\text{K/W}}}$$

A rétegtervi hőátbocsátási tényezőt:

$$U_{\text{r padlásfödém}} = \underline{\underline{0,3161 \text{ W/m}^2\text{K}}}.$$

A hőhidasság miatt a hőátbocsátási tényező módosító tag 10%. Tehát a fenti eredmény a következőképpen módosul:

$$U_{\text{padlásfödém}} = 1,1 \cdot U_{\text{r padlásfödém}} = \underline{\underline{0,3477 \text{ W/m}^2\text{K}}}.$$

Ahogy a fejezet elején is említettem, 3 féle padló van megkülönböztetve. Ezek a következők.

Talajra fektetett kerámia padló (rétegtrend belülről kifelé):

1. 0,6 cm csempeburkolat;
2. 6 cm kavicsbeton;
3. 0,1 cm Masterfol-Blue Sd20 PE párazáró fólia;
4. 10 cm Austrotherm AT-N100 lépésálló hőszigetelő lap;
5. 0,4 cm Vилоx O-V 4 T/K bitumenes vízszigetelő lemez;
6. 15 cm vasbeton;
7. 20 cm kavicsfeltöltés.

A rétegtrend alapján a hőátbocsátási tényező

$$U_{\text{kerámia padló}} = \underline{\underline{0,275 \text{ W/m}^2\text{K}}}.$$

Talajra fektetett öntött betonpadló (rétegrend belülről kifelé):

1. 6 cm kavicsbeton;
2. 0,1 cm Masterfol-Blue Sd20 PE párazáró fólia;
3. 15 cm vasbeton;
4. 20 cm kavicsfeltöltés.

A rétegrend alapján a hőátbocsátási tényező

$$U_{\text{öntött betonpadló}} = \underline{\underline{1,12 \text{ W/m}^2\text{K}}}.$$

Látható, hogy mivel itt nincs hőszigetelő lap, mennyivel nagyobb lesz az energiakiáramlás.

Talajra fektetett parkettapadló (rétegrend belülről kifelé):

1. 1,5 cm tölgyfa parketta;
2. 6 cm kavicsbeton;
3. 0,1 cm Masterfol-Blue Sd20 PE párazáró fólia;
4. 10 cm Austrotherm AT-N100 lépésálló hőszigetelő lap;
5. 0,4 cm Vилоx O-V 4 T/K bitumenes vízszigetelő lemez;
6. 15 cm vasbeton;
7. 20 cm kavicsfeltöltés.

A rétegrend alapján a hőátbocsátási tényező

$$U_{\text{parkettapadló}} = \underline{\underline{0,271 \text{ W/m}^2\text{K}}}.$$

3.5. 04 – es lakószoba fűtési hőszükségletének meghatározása

3.5.1. 04 – es lakószoba filtrációs hőszükséglete

Az egyes réteges szerkezetek hőátbocsátási értékeinek ismeretében már kiszámítható a fűtési hőszükséglet.

Először meghatározom a 6. ábra 04 – es lakószobájának hőszükségletét. A szobát a környezet felé, ahogy azt már a 3.3.2. fejezetben leírtam közvetlenül két külső szigetelt fal választja el, és van 2 db északi tájolású kétrétegű ablakunk.

Tehát a 8. számú melléklet szerint a következő bemeneti adataink ismertek:

- lakószoba alapterülete $A = 18,16 \text{ m}^2$;
- térfogata $V = 52,664 \text{ m}^3$;
- elvárt belső hőmérséklet a MSZ-04-140-3/1987 szerint $T = 20^\circ\text{C}$;
- külső hőmérséklet méretezési értéke a [19] hivatkozás szerint -13°C .

Ha behelyettesíték a (2.13) összefüggésbe és felhasználom a α sűrűség és fajhő értékét, akkor

$$\dot{Q}_{\text{inf04-es lakószoba}} = \frac{0,8}{3600} \cdot 52,664 \cdot 1,205 \cdot 1009 \cdot (20 - (-13)) =$$
$$\underline{\underline{469,56 \text{ W}}}.$$

Figyelembe véve, hogy a 04 – es lakószoba mellett található egy nála hidegebb folyosó, illetve WC, de ez a hőmérsékletkülönbség csak néhány $^\circ\text{C}$, így a fenti eredmény a külső környezet felé, a legkedvezőtlenebb eset.

3.5.2. 04 – es lakószoba napsugárzásból származó energiaárama

Másodikként a napsugárzásból származó energiaáramot fogom kiszámolni, ugyanis tudomásom szerint nem lesz helyiségenkénti hőmérsékletszabályozás, így, ahogy azt a 2.3.9. témakörben leírtam, számolnom kell ezzel a hőnyereséggel! A 6. ábra szerint két ablakom van, illetve, ha felhasználom a 2. táblázat értékeit és behelyettesíték a (2.14) összefüggésbe akkor kapom, hogy

$$\dot{Q}_{s \text{ 04-es lakószoba első ablak}} = 0,35 \cdot 0 = \underline{\underline{0 \text{ W}}};$$

$$\dot{Q}_{s \text{ 04-es lakószoba második ablak}} = 0,35 \cdot 0 = \underline{\underline{0 \text{ W}}}.$$

Látható, hogy egyik ablak esetében sincs napsugárzási hőnyereségem. Ennek oka, hogy mindkét ablak északi tájolású.

3.5.3. 04 – es lakószoba belső hőnyeresége

A következő hőnyereség, amelyet figyelembe kell venni, a belső hőnyereség, azonban most még nincs információm arról, hogy milyen gépek fognak helyet kapni a szobában, így a berendezések hőleadásával még nem számolhatok, ugyanis a biztonságra kell törekednem!

$$Q_{b\ 04-es\ lakószoba} = \underline{\underline{0\ W.}}$$

3.5.4. 04 – es lakószoba belső transzmissziós energiaárama

A 2.3.7. fejezetben leírtak szerint jelen esetben akkor kell számolnom a 04 – es lakószobára belső transzmissziós energiaáramot, ha a szomszédos helyiségekhez képest a hőmérsékletkülönbség eléri/meghaladja a $\pm 4\ K$ értéket. Ha nézzük a 6. ábrát és a 8. számú mellékletet, akkor láthatjuk, hogy ez a fürdőszobára és a folyosóra vonatkozik. Tehát a 04 – es lakószobára nézve két belső transzmissziós energiaáramot fogok számolni. Azonban mindezek előtt meg kell határoznom a szobát a másik helyiségektől elválasztó belső falak szerkezetét, majd annak hőátbocsátási tényezőjét!

A következő bemeneti adataim ismertek:

- 1,5 cm mészvakolat;
- kisméretű tömör agyagtégla;
- 1,5 cm mészvakolat.

A 3.4.1. fejezetben bemutatott számítás szerint meghatározom a kisméretű tömör agyagtégla és a mészvakolat hővezetési ellenállása.

$$R_{\text{kisméretű tégl}} = 0,12/0,72 = \underline{\underline{0,16667\ m^2K/W.}}$$

$$R_{\text{mészvakolat}} = 0,015/0,81 = \underline{\underline{0,0185\ m^2K/W.}}$$

Ezek után ki kell számolnom a (2.6) összefüggés segítségével a teljes belső fal hővezetési ellenállását a fenti értékek összegzésével, figyelve arra, hogy a mészvakolat duplán szerepeljen.

$$R_{\text{közfal}} = 0,16667 + 2 \cdot 0,0185 = \underline{\underline{0,2037\ m^2K/W.}}$$

Azonban a közfal esetén számolnom kell belső felület hőátadási ellenállásának értékével, a közfal mindkét oldalán! A (2.4) összefüggésben látható hőáramnak az értéke a h_{p8} szerint $0,13\ m^2K/W$. Mivel ezt mindkét oldalon meg kell tennem, ezért a fenti közfal hővezetési ellenállását ki kell egészítenem ezen érték kétszeresével. Így a $R_{\text{közfal}} = 0,4637\ m^2K/W$, aminek a reciproka egyenlő

$$U_{\text{közfal}} = 1/0,4637 = \underline{\underline{2,1566\ W/m^2K.}}$$

A (2.12) összefüggés szerint kiszámolható a szoba belső transzmissziós energiaárama a fürdőszobára nézve a

$$Q_{tr,l\ 04-es\ lakószoba\ fürdőszoba} = 2,1566 \cdot 1,62 \cdot 2,9 \cdot (20 - 24) = \underline{\underline{-8,11\ W}}$$

egyenletből. Az eredmény negatív előjelű, tehát, a lakószobának a fürdőszoba felé nincs belső transzmissziós energiaárama, hanem tulajdonképpen a fürdőszoba melegíti a lakószobát.

A folyosó felé a szobát egy a 6. ábrán látható 2,1x1 m – es faajtó választja el. Tehát itt a szoba transzmissziós energiaárama a folyosóra vonatkoztatva, ha felhasználom a http9 szerinti faajtó hőátbocsátási tényező értékét, akkor

$$Q_{tr,l\ 04-es\ lakószoba\ folyosó} = 1,1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot (20 - 16) = \underline{\underline{8,8\ W}}$$

Látható, hogy a belső transzmissziós energiaáram értéke igen kicsi - továbbá, ha előjelesen összegezzük őket, akkor szinte ki is oltsák egymást - ezért a gyakorlatban ilyen jellegű családi házak esetén nem szoktak vele feltétlenül számolni.

3.5.5. 04 – es lakószoba külső transzmissziós energiaárama

Utolsóként meg fogom határozni a külső transzmissziós energiaáramokat, amik fellépnek a padlás-, a talaj-, és a nyugati, illetve az északi oldalon a környezet felé a falon keresztül, továbbá az északi oldalon a környezet felé, de ablakon keresztül.

A 04 – es szoba nyugati oldali külső falának hőátbocsátási tényezőjét már a 3.4.1. fejezetben meghatároztam. A nyugati külső fal felületét pedig 3.3.2. fejezetben kiszámítottam, így, ha behelyettesítek a (2.9) összefüggésbe, akkor

$$Q_{tr,e\ 04-es\ szoba\ nyugati\ külső\ fal} = U_{külső\ fal} \cdot A_{04-es\ szoba\ nyugati\ külső\ fal} \cdot (t_i - t_e) = 0,4477 \cdot 12,9 \cdot (20 - (-13)) = \underline{\underline{190,59\ W.}}$$

A fent kiszámítottértéket a http9 szerint meg kell növelnem egy korrekciós tényező értékével a szerkezet hőhídassága miatt 40% - kal

Az északi oldal felé is kiszámolom a falon keresztüli külső transzmissziós energiaáramot. A 6. ábráról leolvasható a fal és az ablakok felülete. Az ablakok felületénél egy kicsi kerekítést végzek a számítás gyorsítása érdekében, ahogy az az 5. számú mellékletben is látszik. A

belmagasságot pedig már a 3.3.1. fejezetben definiáltam. Továbbá az északi külső falfelületet úgy írom be a lenti számításba, mint a telefal lenne. Tehát, ha behelyettesítek szintén a (2.9) képletbe, úgy, hogy levonom azablakok felületét, akkor

$$\begin{aligned} Q_{tr\ 04-es\ szoba\ északi\ külsőfal} &= U_{külső\ fal} \cdot (A_{északi\ külső\ fal} - \\ &2 \cdot A_{utcai\ kis\ ablak}) \cdot (t_i - t_e) = 0,4477 \cdot ((4,08 \cdot 2,9) - (2 \cdot 1,35)) \cdot (20 - (-13)) \\ &= \underline{\underline{134,92\ W.}} \end{aligned}$$

A következő a két utcai kis ablak külső transzmissziós energiaáramának kiszámítása. Az ablak hőátbocsátási tényezője látható az 5. számú mellékletben.

$$\begin{aligned} Q_{tr\ 04-es\ szoba\ utcai\ kis\ ablak} &= U_{utcai\ kis\ ablak} \cdot A_{utcai\ kis\ ablak} \cdot (t_i - t_e) = \\ &2,44 \cdot 1,35 \cdot (20 - (-13)) = \underline{\underline{108,70\ W.}} \end{aligned}$$

A két ablak külső transzmissziós energiaárama értelemszerűen a fent kiszámított érték kétszerese. Vagyis 217,4 W.

Ahogy a fejezet elején említettem a padlás felé is van külső transzmissziós energiaáram. Ehhez gyakorlatilag minden összetevőm ismert. A padlásfödém U értékét a 3.4.3. fejezetben meghatároztam, annak felülete, pedig leolvasható a 6. ábráról. A padlás hőmérsékletét a MSZ-04-140-3/1987 szerint -4 °C – ra kellene definiálnom, de mivel relatíve nagy a padlástér, tapasztalati érték miatt -8 °C hőmérséklettel veszem figyelembe.

$$\begin{aligned} Q_{tr\ 04-es\ szoba\ padlásfödém} &= U_{padlásfödém} \cdot A_{padlásfödém} \cdot (t_i - t_e) = \\ &0,3477 \cdot 18,16 \cdot (20 - (-8)) = \underline{\underline{176,80\ W.}} \end{aligned}$$

Az utolsó szerkezet, amin keresztül transzmissziós veszteség kiáramlik az a padló, ami egyedüli szerkezeti elemként érintkezik a talajjal így a (2.10) összefüggést kell használnom. Ha a 3.4.3. fejezetben meghatározott parketta padló hőátbocsátási tényezőjének értékének vesszük a reciprokát, és figyelembe vesszük a 7/2006. (V. 24.) TNM rendeletet, akkor kiolvashatjuk a vonalmenti hőátbocsátási értéket. Fontos, hogy ennek mértékegysége nem W/m²K, hanem W/mK. A külső élhossz, pedig kiszámolható az 1. melléklet segítségével, ha összeadom a szoba hasznos szélesség és hosszúságértékeit. Így a (2.10) szerint, a transzmissziós energiaáram

$$Q_{tr,04-es szoba padló} = \Psi_{padló} \cdot l_{padló} \cdot (t_i - t_e) = 0,8 \cdot 8,53 \cdot (20 - (-13)) \\ = \underline{\underline{225,19 \text{ W}}}$$

szerint alakul. Látható, hogy még lépésálló hőszigetelő lap alkalmazásával is kvázi milyen nagy a talajon keresztüli energiakiáramlás, ami persze jóval nagyobb lenne, ha nem használnék hőszigetelést.

A fenti értékeket összeadva megkapom a 04 – es lakószobára a külső transzmissziós energiaáram értékét.

$$Q_{tr\ 04-es szoba} = \underline{\underline{944,9 \text{ W}}}$$

Azonban ezt az eredményt még az 1. táblázatban látható helyesbítő tényezővel kellene szoroznom a (2.11) összefüggés szerint, de mivel ez olyan kis mértékben ($\pm 5\%$) változtatná meg az eredményt, továbbá a biztosra tervezek, ezért a gyakorlatnak megfelelően ettől a számítástól eltekintek.

Most már minden összetevőm ismert, hogy a 04 – es lakószobára meg tudjam határozni a fűtési hőszükségletet a (2.8) összefüggés szerint.

$$Q_{f\ 04-es szoba} = 225,19 + 176,80 + 217,4 + 134,92 + 190,59 + 8,8 - 8,11 - 0 - \\ 0 - 0 + 469,56 = \underline{\underline{1415,15 \text{ W}}}$$

A szoftveres számítás eredménye látható a 7. számú mellékletben. A szoftverrel számított eredmény körülbelül 20W – al magasabb értéket mutat. Ez 1,5% - os eltérés, ami valószínűleg kerekítésekből adódott.

A 3.5. fejezetben bemutatott analitikus számítási módszer alkalmazható a fennmaradó helyiségekre egyaránt. A teljes családi ház- és külön-külön az egyes helyiségek hőveszteségeinek szoftverrel történő számítási eredménye látható a 11. ábrán. A teljes téli hőveszteség 12,405 kW lett.

11. ábra: Családi ház hőszükséglet számítása

(Forrás: Saját szerkesztés)

Épületek - családi ház

Általános adatok	Hőszükséglet, fajlagos hővesztésgtényező	Energia igény tervezési adatok
Fajlagos hővesztésgtényező számítása Külső felületek összege: 425 + 0 = 425 m ² Fűtött épülettérfogat: 364,7 + 0 = 364,7 m ³ Sugárzási energiahozam: 1394 + 0 = 1394 kWh/a Számítás módja: ☐ Egyszerűsített, az üvegezett felületek északra nézőknek véve ☒ Részletes, a benapozási adatokat is megadva A külső felület és a fűtött épülettérfogat hányadosa: 1,165 Épületrész esetén a teljes épület adatai a felület-térfogat arány számításához Felület: 0 m ² Térfogat: 0 m ³ A/V: 0 Fajlagos hővesztésgtényező: 0,663 W/m ³ K Megengedett érték: 0,394 W/m ³ K		Épület össz hővesztése: 12,405 kW

Helyiségek	Fűtött teret határoló szerkezetek	Primer energia igény számítása	Becsült éves fogyasztás, CO ₂ kibocsátás									
Helyiség neve	Funkciója	A [m ²]	V [m ³]	t _i [°C]	Q _t [W]	q _t [W/m ²]	q _t [W/m ³]	A _k [m ²]	G _A [kg/m ²]	H _{T,e} [W/K]	H _{T,q} [W/K]	H _{T,i} [W/K]
1	Előszoba	9,48	27,492	16	493	52,0	17,9	26,007	627,95	4,3	1,9	3,3
10	Raktár	4,35	12,615	12	347	79,8	27,5	20,155	1233,5	5,8	3,2	1,4
11	Mosókonyha	15,77	36,271	16	1596	101,2	44,0	46,72	835,34	31,5	8,2	5,4
12	Műhely	19,22	44,206	12	2368	123,2	53,6	67,926	932,36	60,2	16,0	6,4
2	Folyosó	2,65	7,685	16	87	32,8	11,3	5,3	615	0,0	0,0	0,9
3	Lakószoba	15,6	45,24	20	1156	74,1	25,6	54,11	655,7	10,9	6,3	5,5
4	Lakószoba	18,16	52,664	20	1436	79,1	27,3	61,057	914,63	15,9	6,8	6,4
5	WC	1,23	3,567	18	163	132,5	45,7	2,46	615	0,0	0,0	0,4
6	Fürdőszoba	4,63	13,427	24	772	166,7	57,5	15,727	930,55	3,7	1,8	1,7
7	Konyha	13,75	39,875	16	1937	140,9	48,6	37,273	780,52	5,1	2,7	4,7
8	Nappali	16,38	48,976	20	1392	85,0	28,4	56,979	645,42	16,6	6,5	5,8
9	Lakószoba	11,28	32,712	20	658	58,3	20,1	31,318	767,55	7,1	0,0	4,0

3.6. Energetikai fejlesztés napelemek használatával

3.6.1. A fejlesztés célja és körülményei

A fűtési hőigényt a használati melegvíz igénnyel együtt előreláthatólag egy 12 kW – os kondenzációs fali gázkazán és egy 20 kW – os vegyestüzelésű kazán fogja kielégíteni.

A fejlesztés célja, hogy megvizsgáljam, hogy napelemek használatával, de a vegyestüzelésű kazán megtartásával elhagyható lenne-e a 12 kW – os gázkazán, ezzel együtt értelemszerűen a földgáztól való energiafüggés. Emellett szeretném bemutatni a napelem tervezést egy WinWatt szoftveren belül működő Sun modul elnevezésű program segítségével! A fejezet nem fog tartalmazni pontos költségbecsléseket, különféle villamos elven működő fűtőberendezések bármilyen módon történő összehasonlításait.

A következő bemeneti adatokkal dolgozom. A vegyestüzelésű kazán miatt a fali radiátorok megmaradnak, amelyek nem rendelkeznek termosztatikus szelepekkel a hőmérséklet

szabályozása érdekében. Ha nézzük a 6. ábrát, akkor azok a helyiségek, ahol nem fognak radiátorok szerepelni, a következők: folyosó, raktár, műhely, terasz. A terasszal, ahogy azt már korábban is említettem, nem számolok, mivel az részben nyitott a környezet felé, így értelemszerű, hogy ott miért nincs radiátor. A 8. számú mellékletben is látható, hogy a téli fűtési hőveszteség a folyosónak és a raktárnak relatíve nem túl nagy. A raktárba azért nem fog radiátor kerülni, mert az spejzként lesz használva, oda pedig az ott tárolt élelmiszerek miatt nem célszerű hőleadó berendezést tenni. A folyosónak pedig egy légtere van az előszobával, aminek a radiátora feltehetően megfelelő lesz mindkét helyiség téli hőszükséglet ellátására. A 8. számú mellékleten még továbbá látszik, hogy a műhelynek elég nagy a hővesztesége. Ez tulajdonképpen a szigetelés hiánya miatt van. Az ok, amiért ide sem fog radiátor kerülni, hogy itt fog elhelyezkedni mindkét kazán, továbbá előre láthatólag a mosógép és szárítógép is – amelyek pontos teljesítményéről most még nincs információ, ezért nem is vettem őket figyelembe a hőszükséglet számítás során – amiknek lesz olyan hőleadása télen, hogy az ide szükséges 12°C – ot biztosítsák. Radiátor a következő helyekre biztosan fog kerülni: konyha, fürdőszoba, WC, lakószobák, mosókonyha és nappali. Ezek alapján, amit meg fogok pontosan vizsgálni, hogy mennyi napelemet kellene, és azt hogyan felhelyeznem a háztetőre, ha a részben közös légterű konyha – nappali kettősben elhagynám a fali radiátorokat, és ezek helyett felhelyezésre kerülné egy 3,5 kW teljesítményű mono split⁷ hűtő/fűtő klímaberendezés. Jelen esetben a (2.1) összefüggésben látható villamos teljesítményről van szó. Azért célszerű e két helyiségben elhagyni a fali radiátorokat, mert ebben az esetben a két helyiség téli hőszükségletét nem a 20 kW – os vegyesüzemű kazánnak kellene ellátnia, valamelyest tehermentesítve lenne az.

3.6.2. Napelemfelhelyezési lehetőségek

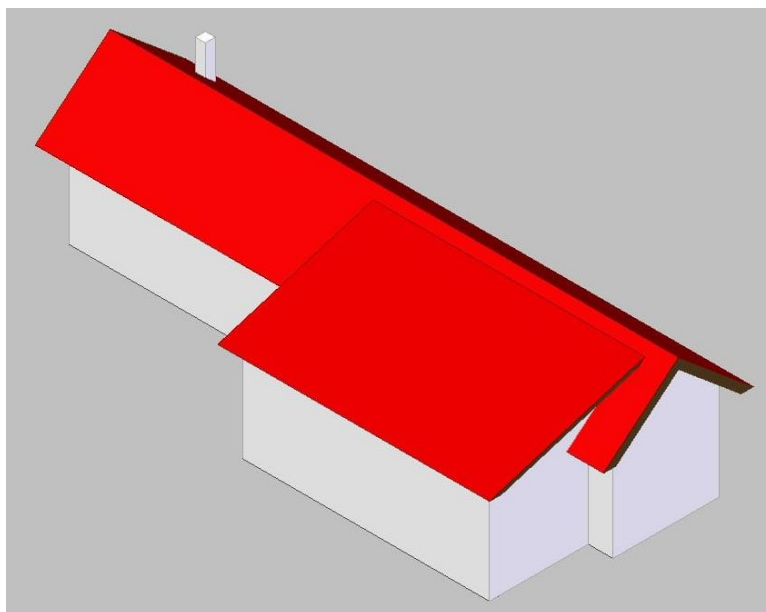
Első feladatom, kiszámolni azokat a felületeket a tetőn, ahová elhelyezhetők lennének a napelemek. Ezeket a méreteket helyszíni mérésekkel határozom meg. A 12. ábrán látható egy általam készített egyszerűsített modell a családi házról. Látható, egy hosszanti oldali nyeregretető, ami tulajdonképpen a régi ház volt. Illetve látható még egy félnyeregretető, ami becsatlakozik a nyeregretetőbe. A félnyeregretető az új könnyűszerkezetes bővített rész fedését látja el. A félnyeregretető oldala a keleti oldal, a nyeregretető pedig keleti és nyugati oldallal is rendelkezik.

⁷ A berendezés egy beltéri és egy kültéri egységre különül, amelyet egy pár hőszigetelt rézcső köt össze. A hőfelvevő (hűtő) rész a lakásba, a belső egységbe, a kompresszor és kondenzátor pedig a kültéri egységbe kerül, így nincs épületen belüli zajforrás, valamint a nyári hűtés során keletkező hőből sem jut be semmi a lakásba.

A nyeregtető dőlésszöge 40° , a félnyeregtetőé 17° . Ezen paraméterek fontosak lesznek a napelemtervező szoftver számára. A vegyestüzelésű kazán kéménye, ahogy az a 6. ábrán is látszik a műhely/gépszet helyiség nyugati oldalán található 40×40 cm méretekkkel. Ez a 12. ábrán látható modellen is bemutatásra került. A nyeregtető nyugati oldalának teljes felülete 92 m^2 . Keleti oldalának felülete 44 m^2 . A 12. ábrán látható még a nyeregtetőnek egy kisebb része az utcafront felé, továbbá a félnyeregtető becsatlakozási helye felett egy rész. Ezen felületeket nem veszem figyelembe, mivel ide azok kis méretük miatt napelem nem helyezhető. A félnyeregtető felülete 78 m^2 .

12. ábra: Családi ház modell

(Forrás: Saját szerkesztés)



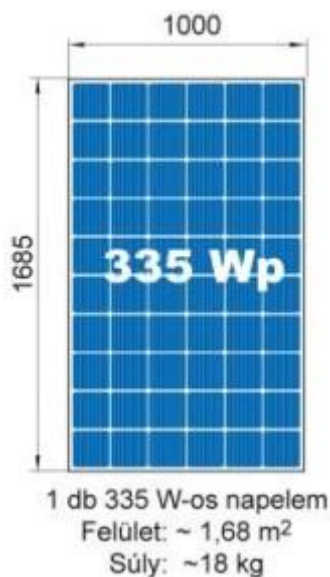
Ahogy az a 13. ábrán is látszik 335 W – os polikristályos napelemekkel fogok dolgozni. Ennek oka, a rendszer egyszerűsége és hogy többségében még ezek vannak használatban.

A napelemek jelleggörbéje függ a napsugárzástól és a hőmérséklettől, ezért a körülmények változásával a (2.2) összefüggésben látható cellafeszültségek is változnak. A 2.1.3. fejezetben látható egyenletes cellafeszültségek csak ugyanazon körülményeken teljesülnek. Ha például nem ugyanolyan a két/több sorba kapcsolt napelem/napelemcella megvilágítása, akkor előfordulhat, hogy a cellafeszültség csökken, az pedig kisebb teljesítményt jelent. A napelemek teljesítményének van egy jól látható maximuma ott, ahol a feszültség és a (2.3) összefüggésben látható áram egyaránt viszonylag magas értéket vesz fel. Ezt a pontot a legnagyobb teljesítményű pontnak, vagy másnéven munkapontnak (MPP) hívják. Nyilván ez egy elméleti pont, de arra kell törekedni, hogy a napelem a legjobban

megközelítse ezt a pontot. Van mikor az áramérték van közelebb ehhez a ponthoz, van mikor a feszültségérték. Ezt a feladatot az inverter egy munkapont optimalizáló/munkapont követő modullal (MPPT) végzi el. A legegyszerűbb rendszerben egy munkapont optimalizáló modul található.

13. ábra: 1 db 335 W – os napelem

(Forrás: https://docplayer.hu/44797118-Napelemes-rendszerek.html#show_full_text)



Fontos, hogy csak azonos teljesítményű, azonos dőlésszögű és tájolású napelem sztringeket (sorba kapcsolt napelem csoportokat) használjak. Itt a panelek egy vezetékkal vannak sorba kötve. Mindezek figyelembevételével a 12. ábrán látottak szerint 3 különböző tetőfelületből választhatok. A napelemeket vagy a nyugati oldali 92 m² – es nyeregtetőre vagy a keleti oldali 44 m² – es nyeregtetőre, vagy a keleti oldali 78 m² - es félnyeregtetőre tervezhetem. Ami ezen három lehetőség között dönteni fog, az éves becsült energiahozam. Ezeket fogom a következő fejezetben a Sun modullal meghatározni.

3.6.3. Éves energiahozamok kiszámítása különböző napelemtájolások esetén

A 3.6.1. fejezetben meghatároztam, hogy 3,5 kW villamos teljesítményre biztosan szükségem lesz a klímaberendezés működtetéséhez.

Mivel az energetikai fejlesztés célja a gáztól való teljes függetlenedés, elméletileg számolnom kellene olyan fogyasztókkal, amik a gáz helyett árammal működnének, mint például villanytűzhely, törölközőszárító, mosógép, mosogatógép, konyhai kisgépek, villanybojler, de ahogy ezeknek sem rendelkezem a pontos villamos teljesítményükkel, továbbá

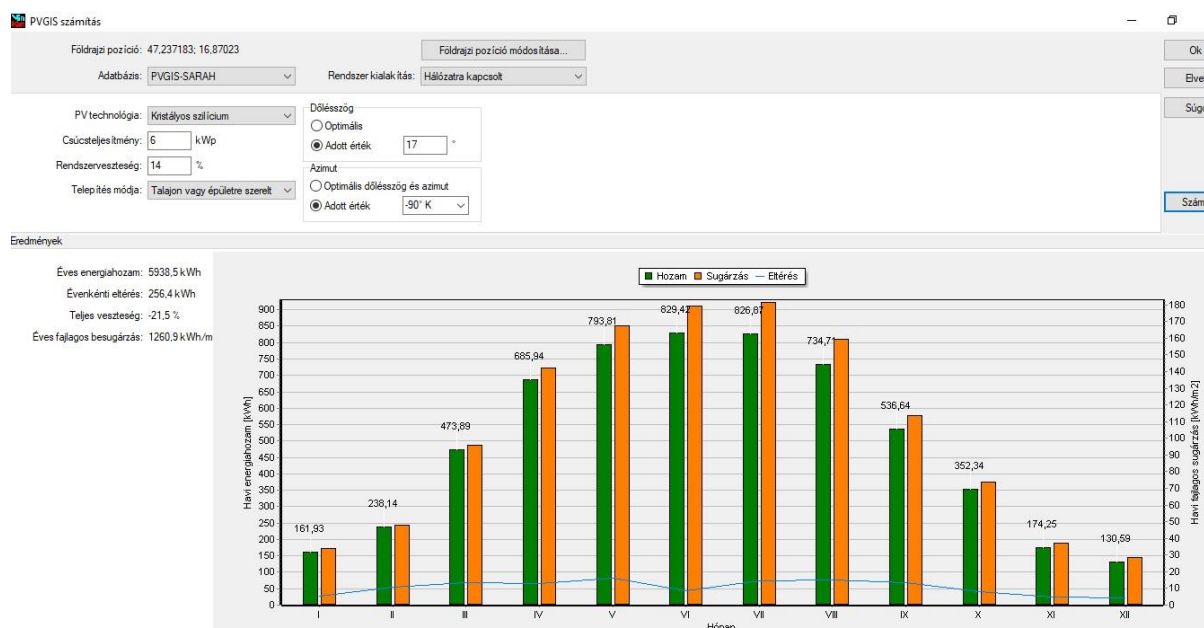
nem vettem figyelembe őket mint hőforrások, a hőszükségletszámítás során, ezért itt is eltekintek tőlük. Figyelembe véve a 3.6.2. fejezetben látható tetőfelületeket és a szükséges villamos teljesítményt egy 6kW – os rendszer elegendő a klíma működtetésére.

Ahhoz, hogy meg tudjam határozni az éves energiahozamot a Sun modul segítségével, meg kell adnom néhány bemeneti adatot. A számítást a szoftver fogja elvégezni, ami látható a 14. ábrán. Az analitikus számítás menete a hőszükségletszámításhoz hasonlóan itt nem kerül bemutatásra. Először meg kell adnom, hogy az energiahordozó típusa elektromos áram! Ezután a családi ház földrajzi pozíciója következik. Ezt GPS cím alapú kereséssel teszem meg. A program egy meteorológiai adatsor alapján dolgozik, ahol is egy adat, a Föld egy 25 km^2 – es ($5 \times 5 \text{ km}$) felülete. Ezért elegendő itt megadnom a települést, ahol a családi ház található, nincs szükség a pontos utca és a házszám definiálására. Kiválasztom a használt PV technológia típusát, a szükséges csúcsteljesítményt és a http10 szerinti 14% becsült rendszerveszteséget. Továbbá megadom a telepítés módját, - ugyanis ez egy épületre szerelt napelemes rendszer lesz – a napelemek dőlésszögét, ami megegyezik a 3.6.2. fejezetben leírt tető dőlésszögével, illetve az azimut értékét. Ezek után a számított eredmény látható a 14. ábrán. Az oszlopdiagramok elosztva láthatóak havi bontásban, mutatva a havi energiahozamot kWh – ban. Ha összeadjuk a zölddel jelölt oszlopdiagram értékeket, megkapjuk az éves energiahozamot, ami kevéssel 6000 kWh alatt van. Látható még a havi fajlagos besugárzás értéke négyzetméterben. Fontos megemlítenem, hogy a két függőleges tengely értékei egymáshoz képest eltérők. Ezeken kívül látható még veszteség % - os értéke. Gyakorlatban többféle veszteség létezik. Ilyenek lehetnek: a sugárzási veszteség, a cellákban lévő átvezetési veszteség, az összekötő kábelek vesztesége, a hőmérsékletből adódó veszteség, az inverter veszteségei, az árnyékolási veszteség, a kapcsolók veszteségei, a mérőóra veszteségei, ..., stb. Az éves eltérés azt jelenti, hogy az aktuális éves energiahozam pozitív vagy negatív irányba eltérhet ezzel az értékkel egy éves intervallumot nézve. Tehát az éves energiahozam kerekítve 5935 kWh, ha a napelemeket a 15. ábra szerint rendezem el a tetőn. Látható, hogy 18 db napelemmodullal kapok körülbelül 6 kWp – es napelemmezőt. Mivel ezek a modulok sorba vannak kötve, így a 18 db egyenként 335 W – os napelem 6030 kWp értéket ad.

A következőkben meg kell vizsgálnom ugyanezen mennyiségű napelemmező kialakítást a másik két szabad tetőfelületen! A 9. számú mellékletben látható a PVGIS számítás a 40° - os dőlésszögű keleti nyeregtetőre. A napelemek a könnyűszerkezetes részre kerültek. Jelen esetben az éves energiahozam 5536 kWh lenne, ami kevesebb, mint a 14. ábrán számított érték.

14. ábra: PVGIS⁸ számítás félnyeregtetőre

(Forrás: Saját szerkesztés)



A 10. számú mellékletben látható a PVGIS számítás a 40° - os dőlésszögű nyugati nyeregtetőre, ahol a számított éves energiahozam 5527 kWh lenne. Ez az érték szinte teljesen megegyezik ugyanezen dőlésszögű, de a másik oldalon lévő napelemmező energiahozamának értékével.

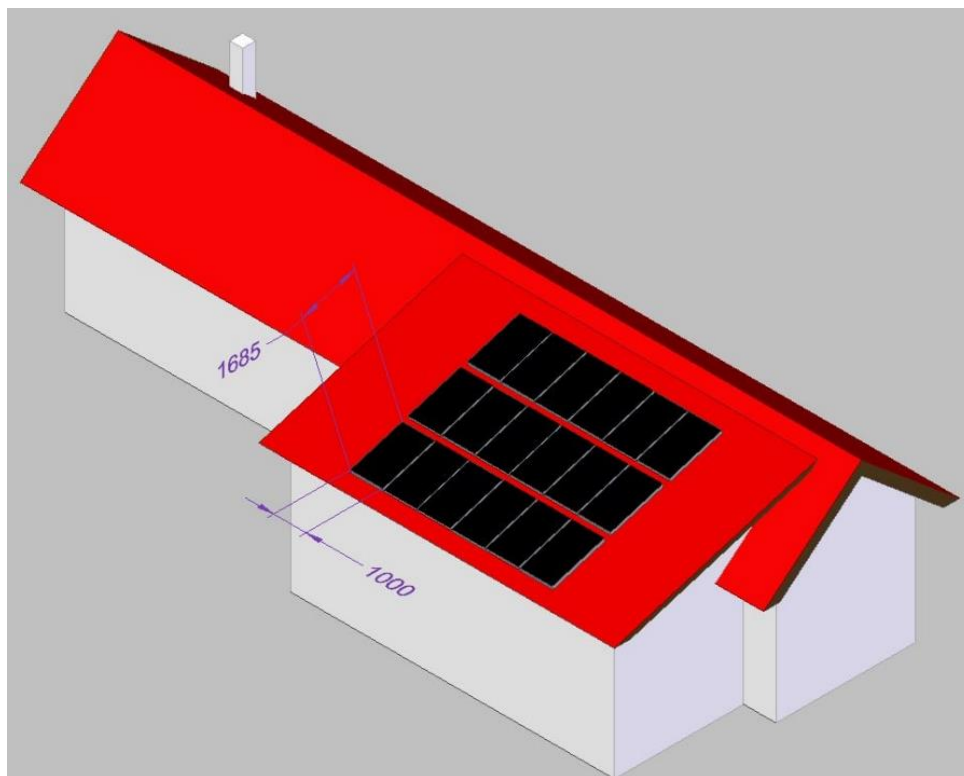
Általánosságban elmondható Magyarországra, hogy a déli tájolású napelemek hatásfoka a legjobb, azonban én az épület kialakítása miatt, hogy elérjem az általamnak vélt megfelelő 6 kW értéket a 15. ábra szerint elrendezéssel számolok. Ugyanis körülbelül 400 kWh – val tudnék jobb éves energiahozamot elérni, mintha máshová helyezném a napelemeket.

Ha azokat a helyiségeket nézzük, ahová kerülne radiátor (konyha, fürdőszoba, WC, lakószobák, mosókonyha és nappali), akkor megállapítható, hogy ezen helyiségek téli hőszükségletét a 20 kW – os vegyesüzemű kazán kielégíti, ezzel együtt nincs szükség gázkazánra.

⁸ Photovoltaic Geographical Information System – Fotovoltaikus földrajzi információs rendszer.

15. ábra: Családi ház modell napelemekkel

(Forrás: Saját szerkesztés)



4. Következtetések és javaslatok

A szakirodalomkutatás során feltártam azokat az összefüggéseket, amik szükségesek egy családi ház téli hőszükségletének kiszámítására. Itt most elsődlegesen a hővezetőképesség és a hőellenállás különböző elméleti meghatározásaira gondolok. Azonban látható volt, ahogy a szoftverrel dolgoztam, illetve különféle energetikai szabványok tanulmányozásait végeztem az analitikus számításokhoz, hogy sok esetben használnom kellett különböző helyesbítő/növekményes tényezők % - os értékeit! Ezek egyrésztől különféle illetékes szervek tapasztalati értékein alapultak, több évtizedes mérésekkel alátámasztva. Így ezen korrekciós tényezőket alkalmaznom kellett, hogy pontosabb becslést tudjak elvégezni!

Személyes fejlődésem szempontjából nagyon hasznosnak ítélt meg ezen dolgozat elkészítését, mivel korábbi villamosmérnöki tanulmányaim során nem tanultam ilyen mélységekben termodinamikát, ezért sokszor, hogy megértsek egy összefüggést teljesen az alapokig kellett lemennem, ami viszont segített jobban megérteni a különféle hőtani folyamatokat.

Jövőbeni fejlesztés hőszükséglet számítás szempontjából lehet, hogy már a belső hőleadó berendezések ismeretében számolok velük, mint hőforrások. Ezeken kívül, ha ismerném az épületet használó emberek szokásait, ami egyénileg változó, szintén pontosíthatnám a számításaimat, és az is ha számolnék a közfalakkal, mint szerkezetek, egyes helyiségek között. A napelemek tervezésének szempontjából elsődlegesen nem fejlesztésként, sokkal inkább a vizsgálat kibővítéseként készülhetne egy beruházási terv, illetve egy megtérülési időbecslés, figyelembe véve az egyes energiaforrások aktuális árait.

Összefoglalás

Szakdolgozatomban két főbb témát érintettem.

Először meghatároztam egy családi ház téli hőszükségletét. Kezdve azzal, hogy a környezet és a családi ház már ismert bementei adatainak definiálása után, létrehoztam egy WinWatt energetikai szoftver segítségével a házban található szerkezeteket a szoftver alapanyagadatbázisából. Ezután egy már létező tervrajz alapján létrehoztam az egyes helyiségeket, a korábban elkészült határoló szerkezetek segítségével. Majd elkezdtem a hőtechnikai számításokat, oly módon, hogy analitikusan is bemutattam a program által elvégzett számításokat. Réteges szerkezetek hőátbocsátási tényezőinek kiszámítása után meghatároztam az egyes helyiségek filtrációs hőszükségleteit, a napsugárzásból származó energiaáramait, a belső hőnyereségeit, illetve a külső- és belső transzmissziós energiaáramait. Majd ezekből adódott először az egyes helyiségek hőszükséglete, végül a teljes épület fűtési hőigénye.

A dolgozat második részében megvizsgáltam a kondenzációs fali gázkazán elhagyásának lehetőségét. Mindezt úgy tudtam megtenni, hogy a konyha és a nappali hőszükségletét fali radiátorok helyett egy klímaberendezés biztosította. Ezzel a vegyestüzelésű kazánt - aminek teljesítménye elegendő volt a fennmaradt helyiségek téli hőszükségletének ellátására - tehermentesítette a napelemek által megtermelt villamos energián működő klímaberendezés. Ezzel együtt egy kalkuláció keretein belül bemutattam, hogyan is kell egy napelemmezőt tervezni és kiszámítani annak éves energiahozamát egy családi házra vonatkozóan a WinWatt Sun modul programcsomag segítségével. Illetve elkészítettem a Solid Edge 3D – s tervező szoftver segítségével a családi ház napelemekkel ellátott modelljét, és szemléltettem, hogyan is helyezném el a napelemeket a legnagyobb energiahozam elérésének érdekében.

Irodalomjegyzék

Barótfi I. (1993): Energia Felhasználói Kézikönyv. Budapest: Környezet-Technika Szolgáltató Kft.

Barótfi I. (2008): Energiagazdálkodás az iparban. Gödöllő: MATE Egyetemi Szolgáltató Nonprofit Kft.

Gergely I. (2003): Elektrotechnika. Budapest: General Press Kiadó.

Író B. (2007): Hő- és Áramlástan. Győr: Universitas.

Környey T. (2005): Termodinamika. Budapest: Műegyetemi Kiadó.

Oláh F., Rózsa G. (2009): Villamosenergia-Ellátás. Győr: Universitas-Győr Nonprofit Kft.

Oláh Gy., Goeppert A., Prakash S. K. G. (2007): Kőolaj és földgáz után: A Metanolgazdaság. Budapest: Better Kiadó.

Tóth L. (2012): Alternatív energiaellátási rendszerek az agrárgazdaságban. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház Zrt.

MSZ-04-140-3/1987: Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai.

MSZ-04-140-2/1991: Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai.

EN 12667:2001: Thermal performance of building materials and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Products of high and medium thermal resistance.

MSZ EN ISO 13786:2008 Épületszerkezetek hőtechnikai viselkedése. Dinamikus hőtechnikai jellemzők. Számítási módszerek (ISO 13786:2007) (angol nyelvű).

7/2006. (V. 24.) TNM rendelet: Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról.

EN 13164:2012+A1:2015: Thermal insulation products for buildings – Factory made extruded polyester foam (XPS) products - Specification.

http1: Baumann M. (2012): Épületenergetika. [H.n.]: Edutus Főiskola. Letöltés dátuma: 2024.03.11. forrás: https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/12552/2010-0017_12_epuletenergetika.pdf?sequence=-1&isAllowed=y

http2: Országos Tanúsító Központ: Energetikai Tudástár. Letöltés dátuma: 2024.03.11. forrás: <https://otk.hu/blog/hoatbocsajitasi-tenyezo>

http3: Berta M., Farzan R., Giczi F., Horváth A. (2006): Fizika Mérnököknek. [H.n.] [K.n.]. Letöltés dátuma: 2024.03.14. forrás: http://www.sze.hu/~bertam/Oktatasi_anyagok/Fizika_Mernokoknek.pdf

http4: A légkamrák száma. Letöltés dátuma: 2024.03.17. forrás: <https://www.muanyagablak-muanyagablakok.hu/muanyag-ablak-muanyag-nyilaszar-tudastar/a-legkamrak-szama/35338/>

http5: Baumann J., Baumann M. (2020): WinWatt Fűtéstechnikai programcsomag épületenergetikai és optimalizáló modullal. Pécsvárad: [K.n.]. Letöltés dátuma: 2024.03.27. forrás: <http://www.bausoft.hu/leiras/WinWatt.pdf>

http6: (Sd érték) Páradiffúziós ellenállás. Letöltés dátuma: 2024.03.25. forrás: <https://jutateto.hu/paradiffuzios-ellenallas-sd-ertek/>

http7: Levegő fizikai jellemzői. Letöltés dátuma: 2024.04.03. forrás: <https://www.gepeszbolt.hu/simonyi/leveg%F5.pdf>

http8: MSZ EN ISO 6946: Épületszerkezetek és épületelemek. Hővezetési ellenállás és hőátbocsátás. Letöltés dátuma: 2024.04.18. forrás: <https://www.fejermek.hu/anyagok/passzivhaztol.pdf>

http9: Alkalmazott épületenergetika: Letöltés dátuma: 2024.04.17. forrás: <https://www.e-gepesz.hu/cikkek/19148-alkalmazott-epuletenergetika>

http10: Using PVGIS - Frequently Asked Questions. Letöltés dátuma: 2024.04.15. forrás: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis/getting-started-pvgis/using-pvgis-frequently-asked-questions_en

Ábrajegyzék

- 1. ábra:** A fotovillamos rendszer felépítése. 7. oldal.
- 2. ábra:** Termodinamikai rendszer. 11. oldal.
- 3. ábra:** Hőmérsékletváltozás sík falban. 12. oldal.
- 4. ábra:** Hőmérsékletváltozás a hőátadás során. 14. oldal.
- 5. ábra:** Vonalmenti hőátbocsátási tényező. 18. oldal.
- 6. ábra:** Családi házalaprajz. 24. oldal.
- 7. ábra:** Ajtó szerkezet a WinWatt programban. 25. oldal.
- 8. ábra:** Ablak szerkezet a WinWatt programban. 26. oldal.
- 9. ábra:** Ajtó határoló szerkezet adatainak megadása. 29. oldal.
- 10. ábra:** Külső fal határoló szerkezet adatainak megadása. 30. oldal.
- 11. ábra:** Családi ház hőszükséglet számítása. 42. oldal.
- 12. ábra:** Családi ház modell. 44. oldal.
- 13. ábra:** 1 db 335 W – os napelem. 45. oldal.
- 14. ábra:** PVGIS számítás félnyereg tetőre. 47. oldal.
- 15. ábra:** Családi ház modell napelemekkel. 48. oldal.

Táblázatjegyzék

- 1. táblázat:** Időállandótól függő helyesbítő tényezők. 18. oldal.
- 2. táblázat:** Üvegezett szerkezeteken keresztüli energianyereség tervezésiértéke. 22. oldal.

Mellékletek

1. számú melléklet – Szerkezetek – külső fal

Szerkezetek - külső fal

Tipus: **Külső fal**

Légállapot

Külső: 2 °C 90 %

Belső: 20 °C 50 %

Hőátadási ellenállás

0,04 m² K/W

0,13 m² K/W

x: 0 m

y: 0 m

Diffúziós időszak: 180 nap

Hőátbocsátási tényező: 0 0,425 W/m²K

Hőátb. tényező módosító tag: 40 % **du...**

Réteglevél hőátb. tény.: 0,303 W/m²K

Módosító értéke: 0 W/m²K

Megengedett érték: 0,24 W/m² K

Callipitálás tényező: 291,5

Késleltetés: 12,4 h

Fajlagos tömeg: 493 kg/m²

Fajlagos hőtarló tömeg: 150 kg/m²

Fajlagos hőkapacitás: 133 kJ/m²K

Felületi hőmérséklet: -15 °C-nál: 18,6 °C, 54 %

Hőáramsűrűség: 6,673 W/m²

Páraáramsűrűség: 19,59 * 10⁻⁶ g/m²s

Osztóvastagság: 46 cm

☒ Külső szelvényt felülete

☐ Kiegészítő adatokkal

Napsugárzási abszorpciós tényező: 0,7

MSZ

Környezeti emissziós tényező: 0,9

☒ Paradiffúziós számítás

☒ Egyensúlyi mód

☒ Vizsgálati jelentéssel

Hajlászogel kiegészítve

☒ Függőleges

Rétegsorrend: ☒ Külső befeje

☐ Belüli kafe

Részletes leírása:

Réteg megnevezés	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	δ [g/m ² MPa]	R _v [m ² MPa/g]	μ	c [kJ/kgK]	ρ [kg/m ³]	t _e [°C]	t _i [°C]	φ _e [%]	φ _i [%]	P _e [Pa]	P _i [Pa]	φ _A [%]	ω _k [%]	ω _e [%]	G [g/m ²]	g [10 ⁶ g/m ² s]
nemes vakolat	1	1,5	0,99	0,61	0,0094109	0,02	0,75	0	0,88	1850	-1,7331	-1,6703	88	90	465	479	89	0	0	0	19,588
Austrotherm AT-H80	2	13	0,038	0,3	2,6316	0	28,079	40	1,46	-	-1,6703	15,89	90	57	479	1029	74	1,18	1,4974	6,2	19,588
B 30-as téglafalazat	3	30	0,64	0	0,46875	0,046	6,5217	0	0,88	1460	15,89	19,017	57	53	1029	1157	55	0,27	0,25433	-68,6	19,588
javított mészvakolat	4	1,5	0,87	0	0,017241	0,024	0,625	0	0,92	1700	19,017	19,133	53	53	1157	1169	53	0	0	0	19,588

2. számú melléklet – Szerkezetek – kerámia padló

Szerkezetek - kerámia padló

Tipus: padló (falra fektetett)

Hőátadási ellenállás

Légállapot

Külső: 2 °C 90 %
Belső: 20 °C 50 %

0 0,17
m2 K/W m2 K/W

▼

Hőátbocsátási tényező: 0 0,8 W/mK
Hőátb. tényező módosító tag: 0 W/m2K
Régtegely hőátb. tény.: 0,275 W/m2K
Módosító értéke: 0 W/m2K
Megengedett érték: 0,3 W/m2K

Csillapítási tényező: 981,6
Késleltetés: 18,1 h
Fajlagos tömeg: 869 kg/m2
Fajlagos hőátaró tömeg: 143 kg/m2
Fajlagos hőkapacitás: 120 kJ/m2K
Padló hőnyelési tényező: 1,432 hideg
Felületi hőmérséklet: -15 °C-nál: 18,4 °C, 55 %
Hőáramsűrűség: 6,058 W/m2
Páraáramsűrűség: 0,7824 * 10-6 g/m2s
Ossztávagság: 52,1 cm

☐ Parafúziós számítás

☐ Egyszerűített módon

☒ Vizsgálati jelentéssel

Hajlásszöggel kiegészítve

☒ vízszintes

Rétegsorrend: ☐ Kivülről befelé ☒ Belülről kifelé

Részletes leírása:

Réteg megnevezése	No.	d [cm]	λ [W/mK]	R [m2 K/W]	δ [g/m2KJ]	R _s [m2 sMJ/g]	μ	c [kJ/kgK]	ρ [kg/m3]	* _e [°C]	T ₁ [°C]	φ _e [%]	φ ₁ [%]	ρ _e [Pa]	ρ ₁ [Pa]	φ _e [%]	φ ₁ [%]	ω _e [%]	ω ₁ [%]	G [g/m2]	B [10-6 g/m2 s]
Cempe	1	0,6	1,05	0,0057143		0,017	0,357944	0	0,88	1800	18,936	43	43	1168	1169	43	43	0	0,0		3,0124
Kavicságy	2	6	1,28	0,046875		0,012	5	0	0,84	2200	18,652	54	53	1153	1168	53	54	0	1,4046	258	3,0124
Master®-BLUE S620 PE fólia	3	0,1	0,2	0,005		0	108 20000	0	0	18,621	18,652	39	54	828	1153	46	54	0	0,0		3,0124
Austrotherm AT N100	4	10	0,037	2,7037		0	37,799 70	1,46	0	2,2496	18,621	100	39	714	828	64	100	0,94	0,95524	0,3	3,0124
Uniflex GIV A T/K	5	0,4	0,12	0,033333		0	728	0	0	1100	2,0477	2,2496	67	472	714	84	100	0	0,0		0,33271
Vasbeton	6	15	1,55	0,096774		0,008	18,75	0	0,84	2400	1,4615	2,0477	69	466	472	68	69	1,35	1,4714	437,2	0,33271
Kavicsbeton	7	20	0,35	0,57143		0,072	2,7778	0	0,84	1800	-2	1,4615	90	465	466	79	69	0	0,0		0,33271

IV

V

Szerkezetek - padlástödém

Típus: **padlástödém**

Légállapot

Hőátadási ellenállás

Külső: -2 °C 90 %
Belső: 20 °C 50 %

0.1 m² K/W
0.1 m² K/W

x: 0 m Diffúziós időszak: 180 nap
y: 1 m

☒ Kiegészítő adatokkal

Belső szerkezetek

Energetikai számításnál a túljáradón gyengén kapcsoló kondicionálisan tér ☐ télen ☐ nyáron

Adamegadási mód

Túljáradali hőmérsékletek minden számításnál

télen
Túljáradali hőmérséklet: 20 °C
nyáron
26 °C

Hőmérséklet korrekciós érték (Bu): 1 1 ...

☒ Páradiffúziós számítás

☒ Egyesített módon

☒ Vizsgálati jelentéssel

Hajlásszögell kiegészítve ☒ vízszintes ☐

Rétegsorrend: ☒ Külsőtől befelé ☐ Belülről kifelé

Hőátbocsátási tényező: 0 0.416 W/m²K

Hőálló: tényezőt módosító lag: 10 % du...

Réteglevni hőálló: tény.: 0.378 W/m²K

Módosított értékek: 0.08057 W/m²K

Megengedett érték: 0.17 W/m²K

Csillapítási tényező: 277.9

Késleltetés: 9.6 h

Fajlagos tömeg: 361 kg/m²

Fajlagos hőátadó tömeg: 266.0 kg/m²

Fajlagos hőkapacitás: 263.0 kJ/m²K

Hőáramúsűrűség: 6.54 W/m²

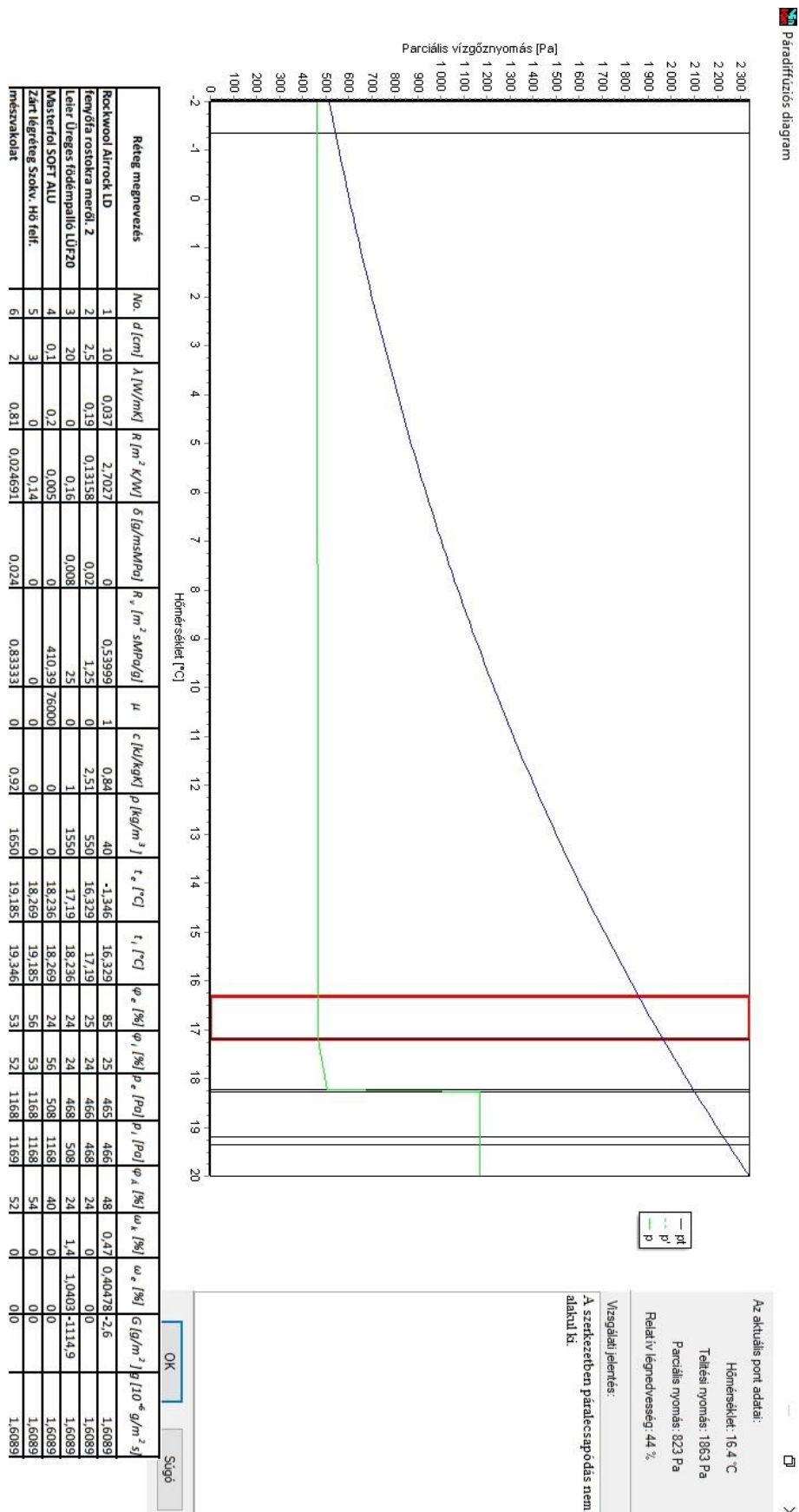
Páraáramúsűrűség: 1.609 · 10⁻⁶ g/m²s

Összvastagság: 37.6 cm

Részletes leírása:

No.	d [cm]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]	δ [d/(m·K)]	R _e [m ² ·K/(W·kg)]	μ	c [kJ/(kg·K)]	ρ [kg/m ³] J	t _a [°C]	t _i [°C]	φ _a [%]	φ _i [%]	D _a [Pa]	D _i [Pa]	ω _a [%]	ω _i [%]	υ _a [%]	γ [d/m ³] J	σ [1/n ³ ·d/m ³] J	
Rockwool Attrock LD	1	10	0.037	2.7027	0	0.53999	1	0.84	40	-1.346	16.319	85	25	465	466	48	0.47	0.40478	-2.6	1.6089
fennfőls részének méterei: 2	2	2.5	0.19	0.13158	0.02	1.35	0	2.51	550	16.329	17.19	25	24	466	466	24	0	0		1.6089
Leier Üreges Töredelmái LOFUD	3	20	0	0.16	0.008	25	0	1	1550	17.19	18.236	24	24	468	508	24	1.4	1.0403	-114.9	1.6089
Masterfol SOFT ALU	4	0.1	0.2	0.005	0	410.39	76000	0	0	18.236	18.269	24	56	508	1168	40	0	0		1.6089
Záró légfűtő Szabvány HIFI	5	3	0	0.14	0	0	0	0	0	18.269	19.185	56	53	1168	1168	54	0	0		1.6089
Mezőszakokat	6	2	0.91	0.024051	0.024	0.83434	0	0.91	1650	19.185	19.348	53	52	1168	1169	52	0	0		1.6089

4. számú melléklet – Páradiffúziós diagram



5. számú melléklet - Szerkezetek

Szerkezet megnevezés	tipus	x [m]	y [m]	U [W/m ² K]	U _r [W/m ² K]	ψ [W/mK]	v	ε _h	m ^m [kg/m ²]	m _t [kg/m ²]	c [kJ/m ² K]	b [kJ/m ² Ks ^{1/2}]
ajtó	ajtó (külső)	1,5	2,1	1,15	-	-	0	0	0	0	0	0
gépeszet ablak	ablak (külső, fa vagy PVC)	1,2	0,65	2,45	-	-	0	0	0	0	0	0
gépeszet ajtó	ajtó (külső)	1,15	2,1	1,15	-	-	0	0	0	0	0	0
háztartási helyiség ablak	ablak (külső, fa vagy PVC)	0,6	0,8	2,24	-	-	0	0	0	0	0	0
kerámia padló	padló (talajra fektetett)	-	1	-	0,28	0,8	981,62	18,1	869	143	125,84	1,432000...
kis ablak	ablak (külső, fa vagy PVC)	0,9	0,6	2,22	-	-	0	0	0	0	0	0
könnyszerkezetes külső fal	külső fal	-	-	0,18	0,13	-	69,29	4,3	63	26	22,88	0
közfal	belső fal (fűtött terek közl)	-	-	2,16	2,16	-	6,14	5,2	254	127 / 127	111,76 / 111,76	0
külső fal	külső fal	-	-	0,43	0,30	-	291,46	12,4	493	150	132	0
öntött beton padló	padló (talajra fektetett)	-	1	-	1,12	1,25	59,15	14,3	852	493	433,84	1,537999...
padlástőrdém	padlástőrdém	-	1	0,42	0,38	-	277,85	9,6	361	266	234,08	0
parketta padló	padló (talajra fektetett)	-	1	-	0,27	0,8	1329,3	18,9	870	170	149,6	0,674000...
szigetetlen külső fal	külső fal	-	-	2,10	1,50	-	17,65	9,9	491	150	132	0
terasz ajtó	ajtó (külső)	2	2,4	1,15	-	-	0	0	0	0	0	0
udvai ablak	ablak (külső, fa vagy PVC)	1,2	1,5	2,27	-	-	0	0	0	0	0	0
utcai kis ablak	ablak (külső, fa vagy PVC)	1	1,35	2,44	-	-	0	0	0	0	0	0
utcai nagy ablak	ablak (külső, fa vagy PVC)	1	1,5	2,43	-	-	0	0	0	0	0	0

VIII

5m Helyiségek - 1 (Előszoba)

Általános adatok

Téli hőszükséglet

Épület neve: családi ház

Helyiség funkciója: Előszoba

Alapfelület: 9.48 m²

Almennyezettel

Zóna:

Belmagasság: 2.9 m

Légtéchnikai rendszer jelle:

Térfogat: 0 27.492 m³

0 0 m³

Osszesítés

☒ Téli hőszükséglet

493 W

52 W/m²

17.9 W/m³

Alapfelülete
vetítve

Szerkezet tömege:

5.953 + 0 = 5.953 t

Hőtároló tömeg:

3.979 + 0 = 3.979 t

Hőkapasitás:

3.501 + 0 = 3.501 MJ/K 369.3 kJ/m²K

Hátterelő szerkezetek

Szerkezet megnevezés

típus

db

x [m]

y [m]

A [m²]

-A [m²]

A_{szer} [m²]

U [W/m²K]

U+ΔU_b [W/m²K]

U* [W/m²K]

ψ [W/mK]

Q_e [W]

θ_i[°C]

m₁ [kg/m²]

m₂ [kg/m²]

c [kJ/m²K]

tájolás

hajlásszög

t_{ei} [°C]

közműszerkezetes külső fal

külső fal

1

2.43

2.9

7.047

3.15

3.9

0.181

0.181

0.181

-

20

-

63

26

22.88

90° (K)

függőleges

-13

ajtó

ajtó (külső)

1

1.5

2.1

3.15

0

3.1

1.15

1.15

1.15

-

105

-

0

0

90° (K)

függőleges

-13

padlásfödém

padlásfödém

1

9.48

1

9.48

0

9.5

0.416

0.416

0.34428

-

95

fűtetlen

361

266

234.08

-

-

-8

kerámia padló

padló (talajra fektetett)

1

2.43

IX

Helyiségek - 4 (lakószoba)									
Általános adatok Téli hőszükséglet									
Épület neve:	családi ház			Helyiség funkciója:			Lakószoba		
Alapterület:	18,16	m ²			Zóna:				
Belmagasság:	2,9	m			Léghétechnikai rendszer jelle:				
Térfogat:	0	52,664 m ³			0	0 m ³			
Osszesítés									
☒ Téli hőszükséglet	1436 W	79,1 W/m ²	27,3 W/m ³		Alapterületre vetítve				
Szerkezet tömege:	16,61 + 0	= 16,61 t	914,6 kg/m ²						
Hőtároló tömeg:	11,22 + 0	= 11,22 t	618 kg/m ²						
Hőkapacitás:	9,877 + 0	= 9,877 MJ/K	543,9 kJ/m ² K						

Hőtároló szerkezetek																			
Szerkezet megnevezés	típus	db	x [m]	y [m]	A [m ²]	-A [m ²]	A _{szz} [m ²]	U [W/m ² K]	U+ΔU _b [W/m ² K]	U* [W/m ² K]	ψ [W/mK]	Q _i [W]	üledék [-]	m [kg/m ²]	m _h [kg/m ²]	c [kJ/m ² K]	tájolás	hajlásszög	t _{bet} [°C]
külső fal	külső fal	1	4,08	2,9	11,832	2,7	9,1	0,425	0,425	0,425	-	128	-	493	150	132	0°(E)	fuggóleges	-13
utcai kis ablak	ablak (külső, fa vagy PVC)	2	1	1,35	2,7	0	2,7	2,44	2,44	2,1135	-	217	-	0	0	0	0°(E)	fuggóleges	-13
külső fal	külső fal	1	4,45	2,9	12,905	0	12,9	0,425	0,425	0,425	-	181	-	493	150	132	270°(NY)	fuggóleges	-13
padiásfödém	padiásfödém	1	18,16	1	18,16	0	18,2	0,416	0,416	0,35297	-	212	fültesen	361	266	234,08	-	-	-8
parketta padló	padló (talajra fektetett)	1	8,53	-	18,16	0	18,2	-	-	-	0,8	225	-	870	170	149,6	-	-	-13

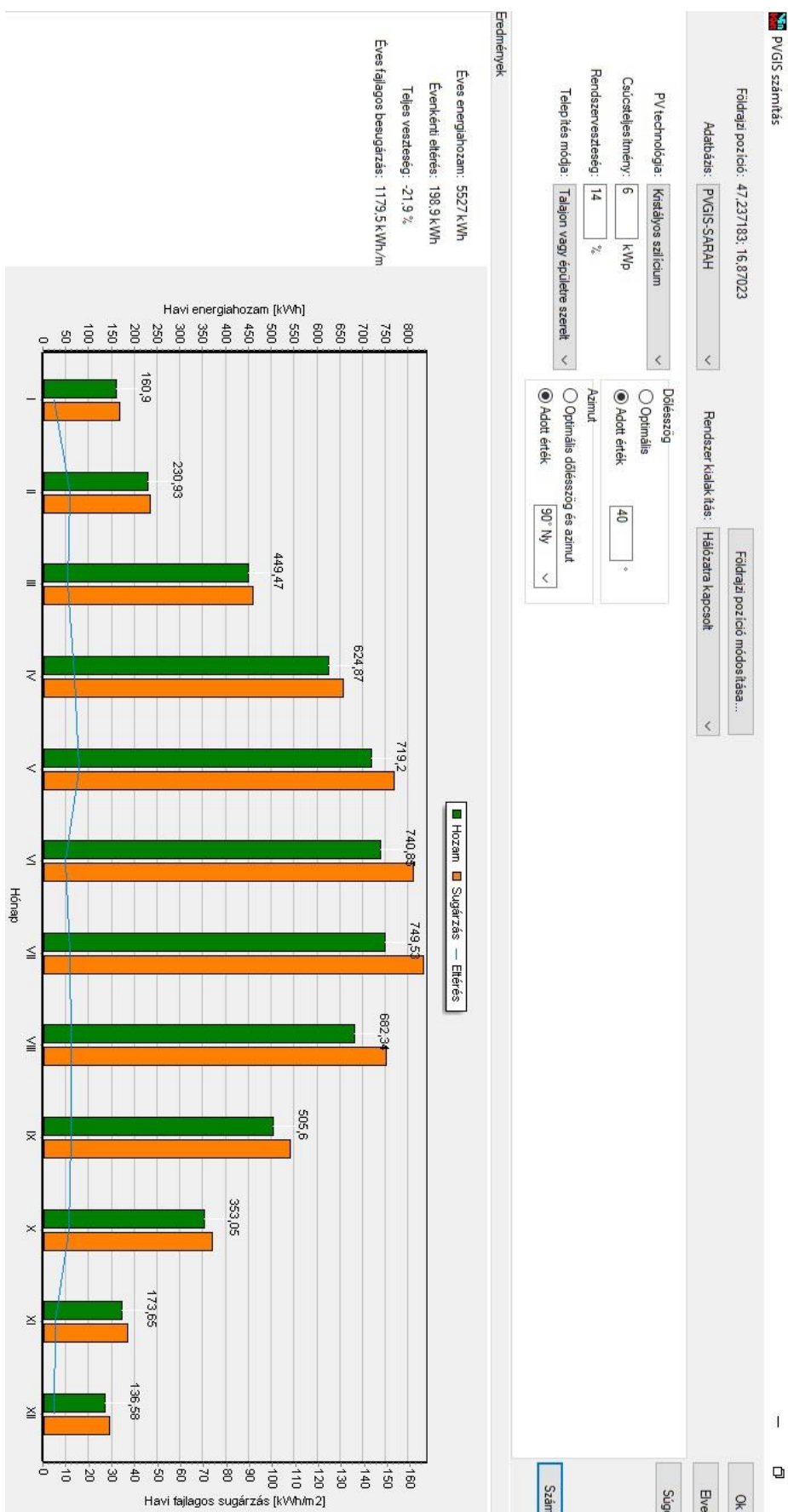
8. számú melléklet - Helyiségek

Megnevezés	Helyiség funkciója	Épület neve	A [m ²]	V [m ³]	h [m]	t _i [°C]	Q _t [W]	q _t [W/m ²]	q _t [W/m ³]	Q _{t,i} [W]	Q _{t,f} [W]	Q _{sd} [W]	Q _{sd} [kWh/a]	Q _{sdvár} [W]	Q _{sdmin} [W]	Q _{sdmin} [kWh/a]	H _{t,e} [W/K]	H _{t,ue} [W/K]	H _{t,a} [W/K]
1	Előszoba	családlház	9,48	27,492	2,90	16	536	56,5	19,5	304	232	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	3,5	1,9
10	Raktár	családlház	4,35	12,615	2,90	12	379	87,1	30,0	286	93	12,2	48,9	3,7	6,6	24,4	5,8	1,6	3,1
11	Mosókonyha	családlház	15,77	36,271	2,30	16	1722	109,2	47,5	1416	306	8,4	33,4	2,5	4,5	16,7	31,5	5,9	8,3
12	Műhely	családlház	19,22	44,206	2,30	12	2579	134,2	58,3	2254	325	87,6	365,1	13,7	24,6	91,3	60,3	7,2	16,0
2	Folyosó	családlház	2,65	7,685	2,90	16	96	36,2	12,5	31	65	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
3	Lakószoba	családlház	15,6	45,24	2,90	20	1238	79,4	27,4	807	431	46,1	170,9	14,5	46,1	170,9	10,9	5,8	6,3
4	Lakószoba	családlház	18,16	52,664	2,90	20	1537	84,6	29,2	1036	501	42,1	155,9	13,2	42,1	155,9	16,0	6,8	6,8
5	WC	családlház	1,23	3,567	2,90	18	175	142,3	49,1	15	160	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
6	Fürdőszoba	családlház	4,63	13,427	2,90	24	817	176,5	60,8	283	534	12,2	48,9	3,7	6,6	24,4	3,7	1,7	1,8
7	Konyha	családlház	13,75	39,875	2,90	16	2084	151,6	52,3	403	1681	12,2	48,9	3,7	6,6	24,4	5,1	5,2	2,7
8	Nappali	családlház	16,38	48,976	2,99	20	1487	90,8	30,4	1021	466	87,0	348,2	26,1	47,0	174,1	16,5	6,1	6,5
9	Lakószoba	családlház	11,28	32,712	2,90	20	706	62,6	21,6	395	311	43,5	174,1	13,1	23,5	87,1	7,1	4,2	0,0

9. számú melléklet – PVGIS számítás keleti nyeregtetőre



10. számú melléklet – PVGIS számítás keleti nyeregvetőre



NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Vörös Ferenc
A Hallgató Neptun kódja: JR77SY
A dolgozat címe: Családi ház hőszükséglet számítása és energetikai fejlesztése napelemek alkalmazásával
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Járműtechnika Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024 április 22.


Hallgató aláírása

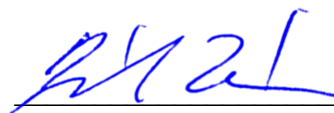
NYILATKOZAT

Vörös Ferenc (JR77SY) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / **nem javaslom**.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2024 április 22.


belső konzulens