



Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar
Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

TDK Dolgozat

Leesésvédelmi rendszerek energetikai elemzése

Készítette: Jaksa Rita, B2FBNV, BSc hallgató

Konzulens: Dr. Nagy Balázs, egyetemi adjunktus

Budapest, 2022.11.06.

Tartalomjegyzék

1.	Absztrakt	4
1.1	Absztrakt	4
1.2.	Summary.....	5
2.	Bevezetés.....	7
2.1.	Statisztika	8
2.2.	Magasban való munkavégzés	8
2.3.	Leesésvédelem.....	9
2.3.1.	12 pont a magasból történő zuhanás ellen védő rendszerek használatához [10] alapján:	12
2.3.2.	Biztonsági létrák:.....	13
2.3.3.	Alumínium sínes és alpintecnikai rendszerek:	14
2.3.4.	Acélsodronyos leesésvédelmi rendszerek	15
2.3.5.	Fix kikötési pontok.....	16
2.4.	Felülvizsgálat.....	17
2.5.	Hazai példák a leesésvédelmi rendszerek felhasználására	18
2.5.1.	MVM Dome	19
2.5.2.	LISS- Répcelak	20
2.5.3.	MONDI- Békéscsaba	21
2.5.4.	WINERBERGER- Tiszavasvári	22
3.	Felhasznált rendszerek és anyagok	23
3.1.	Tetőkialakítások	24
3.1.1.	Fém vértetű szendvicspanel.....	24
3.1.2.	Épített trapézlemez.....	24
3.1.3.	Hőszigetelt szendvicspanel	25
3.1.4.	Zöldtető	26
3.2.	Leesésvédelmi rendszerek	27
3.2.1.	Fallprotec- Securope on posts	27
3.2.2.	Fallprotec- Unipost anchor pont.....	30
4.	Módszertan	32
4.1.	Anyagok.....	33
4.2.	Szerkezeti modellek.....	33
4.2.1.	Tetőkialakítások és leesésvédelmi rendszerek kiválasztása.....	33
4.2.2.	Modellek.....	34
4.3.	Numerikus modellezés	36
4.4.	Eredmények feldolgozása.....	38
4.4.1.	Lekérdezések.....	38

4.4.2. Pontbeli hőátbocsátási tényező.....	38
5. Eredmények.....	40
5.1. Állagvédelem	40
5.1. Épületenergetika	44
6. Összegzés	50
7. Melléklet.....	51
7.1. 1. számú melléklet.....	51
8. Irodalomjegyzék.....	56
9. Ábrajegyzék	58
10. Táblázatok.....	59

1. Absztrakt

1.1 Absztrakt

Az építőipar egy komplex és sok szakágat összefogó iparág, melyben mindig lehet fejlődni és új területeket meghódítani. Az építőipari biztonság, munka-, egészség-, és életvédelem kérdésköre az egyik leginkább fejlődőképes ágazat, melyben kiemelt figyelmet kell fordítanunk a leesésvédelmi rendszerek alkalmazására az épületeinken. Ezeknek a rendszereknek a megléte azért is fontos, mivel az építőiparban a magasból leesés az első, míg az ipar egészét nézve pedig a második helyen áll a halálos kimenetelű munkahelyi balesetek között. Jelenleg Magyarországon a leesésvédelemre vonatkozóan az 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről III. fejezete szabályozza a magasban végzett munkakörnyezet biztonságos feltételeit és a 4/2022. (II.20) SzCsM-EüM együttes rendelet 4. számú melléklet a leesés elleni rendszerek alkalmazását írja elő. Látható, hogy a rendszerek megléte szükséges és jogszabályok alapján elvárt is. Ezek a szabályozások a munkáltatókra és az üzemeltetőre egyaránt vonatkoznak. A tervezőknek a felelőssége vizsgált ebben a témában.

A leesésvédelmi rendszereknek a tervezési folyamatában vannak hiányosságok és munkarészek, melyek kidolgozása jelenleg még nem teljes és nem rendelkezünk információkkal. Az egyik ilyen rész az épületfizikai tervezést érinti. A rendszerek már az épület tervezésekor is figyelembevehetők vagy akár meglévő épületre utólag is beépíthetők. A beépítésük során azonban a rögzítések mentén többlet energiaveszteség jöhet létre, amelyet információ hiányában a tervezők a munkájuk során jelenleg nem vesznek figyelembe, és sajnos többségében az üzemeltetők sem érdeklődnek iránta.

A kutatásomban végelelemes hőtechnikai numerikus modellezéssel négy féle ipari épületekre és csarnokokra jellemző rétegrendi kialakításra vizsgálom, hogy a leesésvédelmi rendszer rögzítő elemei milyen mértékű pontszerű hőhidakat okozhatnak és ez milyen hatással van a határolószerkezetek rétegrendi hőátbocsátási tényezőjére. Nem utolsósorban pedig a hőtechnikai vizsgálatok alapján a leesésvédelmi rendszerek rögzítési megoldásainak állagvédelmi megfelelőségét is vizsgálom.

A dolgozatom hasznos információkat tartalmazhat azon építész és mérnök kollégáknak, akik ilyen rendszerek betervezésére lesznek felkérve. Kutatásom az épületek energetikai teljesítőképességének optimalizálásához nyújt elengedhetetlen információkat, valamint segít számszerűsíteni a jelenleg ismeretlen hőtechnikai hatásokat.

1.2. Summary

The construction industry is a complex and multidisciplinary industry, where there is always room for improvement and new areas to conquer. Safety, health, and life protection in the construction industry are one of the most evolving sectors, and we need to pay special attention to applying fall protection systems to our buildings. It is also important to have these systems in place because falls from height are the number one cause of workplace fatalities in the construction industry and the second most common cause of workplace fatalities in the industry. Currently, in Hungary, in relation to fall protection, Chapter III of Act XCIII of 1993 on Occupational Safety and Health regulates the safe conditions of working at height, and Annex 4 of Joint SzCsM-EüM Decree 4/2022 (II.20) stipulates the use of fall protection systems. The existence of systems is both necessary and legally required. These regulations apply to employers and operators alike. The responsibility of designers is examined in this respect.

There are gaps in the design process of fall protection systems, and working parts, the development of which is currently incomplete, and information is unavailable. One of these parts concerns the physical design of the building. The systems can be taken into account in the design of the building or even retrofitted to an existing building. However, when they are installed, additional energy losses can occur along the system and fasteners, which, in the absence of information, are not currently taken into account by designers in their work and, unfortunately, are not of interest to most operators.

In my research, I use finite element numerical thermal modelling to investigate the extent to which the anchoring elements of the fall protection system can cause point thermal bridges in four different types of industrial buildings and halls and the effect this has on the stratigraphic heat transfer coefficient of the roof structures. Last but not least, I will also investigate the adequacy of the anchorage solutions of the fall protection systems in terms of stability based on thermal analysis.

My thesis may provide useful information for architectural and engineering colleagues who will be called upon to design such systems. My research provides essential information for optimizing the energy performance of buildings and helps to quantify currently unknown thermal effects.

2. Bevezetés

A munkavállalók egészsége és biztonsága az iparosodás előrehaladtával az elmúlt évszázadban gazdasági szempontból egyre fontosabbá vált a munkáltatók számára. Miközben a gazdaságilag fejlett országokban az emberek egyre inkább értékelik egészségüket, biztonságukat és jólétüket, a technológiai és társadalmi fejlődés nem csökkentette, hanem éppen, hogy növelte a munkavállalókat érintő kockázatokat. A munkahelyi kockázat számos formája a következő: veszélyes gépek és veszélyes anyagok, rossz munkaszervezés, szociális és higiéniai körülmények, valamint emberi tényezők. [1]

Az életünk egyik jelentősebb időtartamát a munkahelyen a munkákkal töltjük és az egyik legfontosabb szempont, hogy ezt az időt biztonságban és megfelelő körülmények között éljük meg.

Manapság már kiemelt szerepe van a munkavédelem kérdéskörének. A munkahelyi biztonság, az egészségügyi és biztonsági szabályok betartása elengedhetetlen ahhoz, hogy egy vállalkozás sikeresen és balesetmentesen működjön. [2]

A munkavállalók egészségének és biztonságának biztosítása érdekében a munkahelyi biztonság és egészségvédelem szabályozza a biztonságos munkavégzés személyi, tárgyi és szervezeti feltételeit. Ez magában foglalja a balesetek megelőzését és az egészséges munkakörülmények biztosítását. [3]

A munkavédelem térhódítása egyre jelentősebbé válik hazánkban. Törvényesen munkavédelemről 1872. évi ipartörvényben volt szó, amely azt mondta ki, hogy a munkavállalókat meg kell védeni a veszélyektől és minden gyáros számára kötelezővé tette, hogy a saját költségén olyan körülményeket létesítsen, amelyek szolgálják a dolgozók egészségét és biztonságát. [4] E törvény óta sok idő eltelt és a munkavédelmi törvények szigorodásával egyre több rizikó faktort vettek figyelembe. Ezáltal fokozott figyelmet kezdtek el fordítani a magasban történő munkavégzés leszabályozására.

A magasban végzett munka nagyon sokrétű és változatos. Van olyan, hogy gyárakban kell karbantartást végezni különféle berendezések felett vagy működő gépek felett. Lehetséges olyan, hogy egy épület lejtős tetején kell megállni és munkálatokat végezni esteleg egy zöldtetőt kell gondozni. Nem csak a feladat számít, hiszen a magassággal együtt jár a leesés veszélye. [5] Fontos megemlíteni, hogy a zuhanás elleni védelemre nem csak az erre hivatott embereknek

(ipari alpinisták) van szüksége, hanem számos más szakma képviselője (kéményseprő, ács, villanyszerelő stb.) is kerülhet olyan helyzetbe, hogy a magasban kell dolgoznia. Ezek a dolgozók nem választják a magasságot, a munkakörük kényszeríti bele őket ebbe a helyzetbe. Ezért is fontos az olyan rendszerek alkalmazása, amik védik a magasban dolgozót és egyértelmű az alkalmazásuk. [6]

A magyar jogszabályok a dolgozókat védik, ez azt a következtetés vonja maga után, hogy az épülettulajdonosok és a munkáltató felelnek azokért, akik a magasban dolgoznak. Ebből az következik, hogy leesésvédelmet biztosítaniuk kell, minden olyan helyzetben, ahol le- vagy beesési veszély áll fenn. A munkáltatók felelőssége a kiépített leesés elleni védelmi rendszer megléte és felülvizsgálata, és a dolgozók megfelelő személyi védőeszközök biztosítása és alkalmazása. Ezek figyelembevételével a balesetek megelőzése is feladata a munkáltatónak. [5]

2.1. Statisztika

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium Munkavédelmi Főosztálya által közölt 2021-es adatok alapján Magyarországon mintegy 21591 munkabaleset történt. Az előző évhez képest ez a szám 6%-kal növekedett. A halálos munkabalesetek száma 84 volt a tavalyi évben.

A be- és leesés veszélyéhez köthető munkabalesetek száma 1066-ra tehető. Itt a halálos balesetek száma 28 volt. Ezeknél az eseteknél komoly hiányosságok adódtak az egyéni védőeszközökkel és a leesés elleni védelemmel kapcsolatban.

Ezen adatok alapján látható, hogy sajnos sok esetben sem a munkáltatók, sem a munkavállalók nem tartják eléggé fontosnak a leesésvédelmet, pedig az sok esetben alacsony költségű és könnyen használható eszközök telepítésével biztosítható lenne. [7]

2.2. Magasban való munkavégzés

Még mielőtt magasban kezdenénk el dolgozni vagy magasba küldjük az alkalmazottakat dolgozni nem csak a biztonsági előírásokkal kell tisztába lenni, hanem el kell dönteni, hogy melyik technikát alkalmazzuk a kivitelezésnél.

- Lezuhanás elleni védelem

Abban az esetben, amikor a munkavállaló nem terheli a biztosító rendszert, tehát súlyos mozgás közben is a saját lábán van, elég egy esetleges zuhanás elleni védelem. Itt a kikötési pontok megfelelő helye és kialakítása az egyik legfontosabb. Fontos, hogy a munkavállaló ne másszon a kikötési pont fölé, mert ez magasabb kockázattal járhat.

- Munkahelyzet pozicionálás

Amikor a dolgozónak mindkét kezére szüksége van munka közben, elhelyezi (pozícionálja) magát a munkavégzés helyéhez a lehető legközelebb. Ezt a helyzetet később csak a pozíciója állításával vagy tehermentesítéssel tudja változtatni.

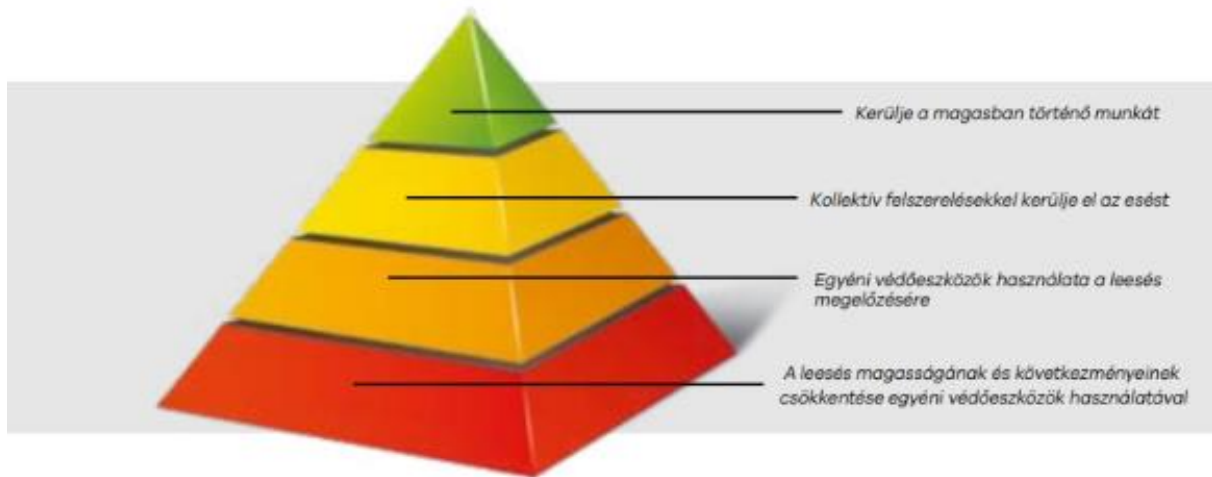
- Ipari alpintechika

Ez egy dupla köteles technika a munkavégzés helyének megközelítésére, elhagyására és persze az ottartózkodásra is alkalmas. A mentési folyamatokat is ennek a technikának a segítségével hajtják végre. Ide tartozik még az ön- és társbiztosítás is. [8]

A legfontosabb, ami ellen minden helyzetben védekezni szükséges, az a zuhanás elkerülése, illetve annak bekövetkezése során fellépő káros hatások kivédése - az emberi szervezetre ható erőhatások biztonságos szintre történő csökkentése. Az egyik leglényegesebb feladat, a biztonságtechnikai-, munkavédelmi szemlélet kialakítása. A kockázatok folyamatos mérlegelése, annak minimális szintre való csökkentése. A helyes szemléletmód és technika alkalmazása nélkül nem beszélhetünk magasban való munkavégzésről. [9]

2.3. Leesésvédelem

A munkavédelmi intézkedéseknek van egy elvi sorrendje. Elsőnek zárt technológia alkalmazását kell megfontolni. Ilyenkor olyan rendszereket állítunk fel, amik már a leesés lehetőségét sem engedik a felhasználónak. Ha az nem lehetséges akkor a kollektív műszaki védelmet kell megfontolni. Egy időben több dolgozó munkaterülete biztosítható a kollektív védelem felhasználásával. Ez például lehetséges korlátok telepítésével. Ilyen megoldással minimálisra csökkenthető a leesés kockázata, mivel egyszerre olyan területeket véd le, ahonnan valahová le- vagy beesni lehet. Azonban elő fordulnak olyan helyzetek, amikor a kollektív leesés védelem nem megoldható. Ilyen esetekben lehet elgondolkozni a megfelelő szervezési intézkedéseken. Ha semmi nem vált be, jöhet az egyéni védőeszközök alkalmazása. Ekkor kell tervezni és telepíteni leesésvédelmi rendszereket.

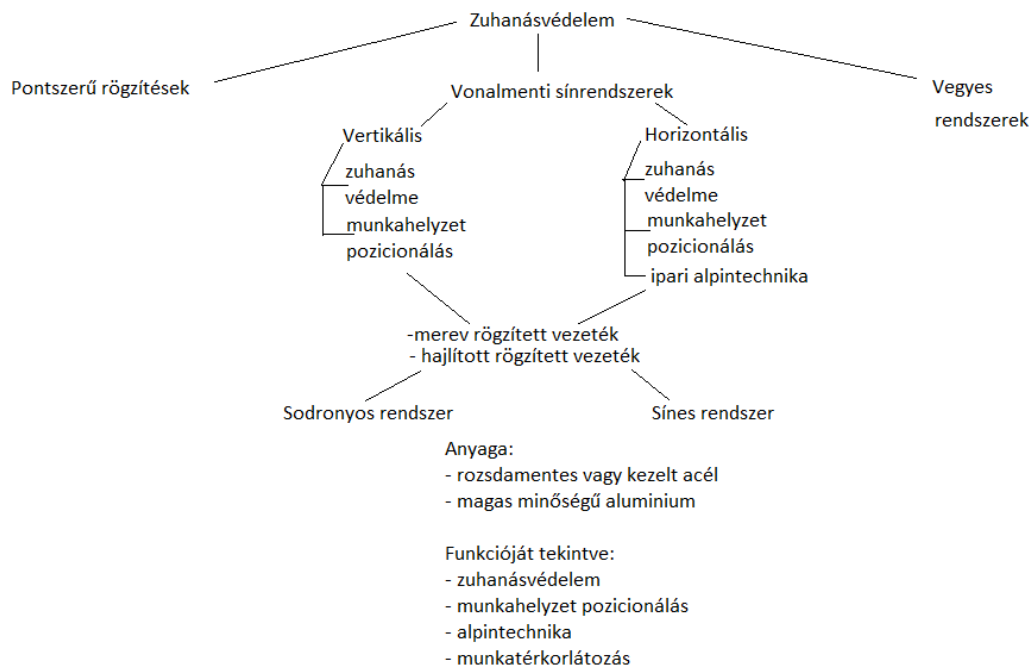


1.ábra Munkavédelmi intézkedés hierarchiája [1]

Ha nevesíteni szeretnénk, hogy mi a zuhanás veszélyével járó tevékenységek során alkalmazandó egyéni védelmi rendszerek fogalma, akkor azt, így lehetne definiálni:

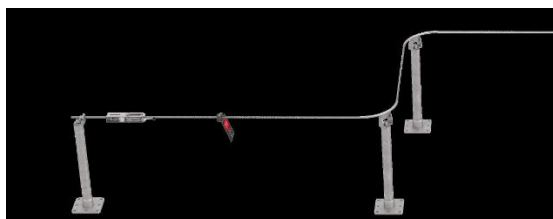
„Minden olyan zuhanásveszélyével járó tevékenység, melynek során a veszély elhárítására, illetve a bekövetkezett zuhanás hatásainak biztonságos szintre csökkentése - speciálisan arra kialakított, összeállított - egyéni védelmi eszközrendszer alkalmazásával történik.” [9]

A zuhanásgátló rendszereknek nem csak az a feladata, hogy a munkát végzőket védje az esetlegesen bekövetkező balesetektől, hanem a munkaterületen tartózkodók se szenvedjenek el semmi féle sérülést. Ezeknek a rendszereknek széles a tárháza. Az alábbi képen mutatom be ezeknek a vázát a könnyebb átláthatóság érdekében.



2.ábra Zuhanásvédelem rendszere

Amint látható a zuhanásvédelmet ellátó rendszerek egy része, ami a zuhanásgátló- és alpinetnikai telepített rendszerekhez tartozik, változatos. Vannak pontszerű rögzítések, vonalmenti sínrendszerek és a két rendszert ötvöző vegyes rendszerek. Ami mindhárom rendszerben azonos az az anyaguk és a funkciójuk. Funkciójukat tekintve a rendszerek alkalmasak lehetnek az összes funkciót ellátni, vagy csak egy részüket. Az ábrán a vonalmenti sínrendszerek vannak kidolgozva bővebben, mert a dolgozatomban ezeket a rendszereket érinti. Kiépítését tekintve lehetnek függőlegesen vagy vízszintesen telepítve és maga a rendszer állhat sodronyokból vagy sínekből.



3.ábra Sodronyos és sínes rendszer [2]

A merev rögzített vezetékek az alumínium sínes rendszerek és a hajlított rögzített vezetékek az acélsodronyos rendszerek tágabb megnevezése. A szabványban ilyen néven azonosíthatók be.

Ezeknek a használata is igényel előzetes felkészülést és tudást. A rendszerek nem feltétlen kompatibilisek egymással ezért különböző eszközök alkalmazása szükséges ahhoz, hogy használni tudjuk őket. Ezért is szükséges olyan embereket alkalmazni, akik tisztában vannak ezeknek a használatával és hogy milyen egyéni védőfelszerelések szükségesek. Ebben a felsorolásban megtalálható összefoglalva.

2.3.1. 12 pont a magasból történő zuhanás ellen védő rendszerek használatához [10] alapján:

- 1) Csak a magasan való munkavégzésre kiképzett és gyakorlattal rendelkező személy használhat zuhanásgátló eszközöket.
- 2) A magasból történő zuhanás elleni védőeszközhöz tartozó biztosító eszköz csak egy ember biztosítását látja el.
- 3) Minden egyes használat előtt tüzetesen át kell vizsgálni a felszerelés összes elemét a munkát végzőnek:
 - ellenőrizni kell, hogy minden alkotóelem helyesen működik-e, kompatibilis-e egymással, valamint megfelel-e az érvényes vonatkozó szabványoknak. Ha bármilyen probléma merül fel valamely alkatrész állapotával kapcsolatban (pl. mechanikai-, vegyi-, hőhatás által okozott sérülés, elhasználódás, korrózió, kopás esetén), a teljes felszerelést azonnal ki kell vonni a használatból, és bevizsgálásra kell küldeni.
 - a leesésvédelmi rendszert csak a vele kompatibilis biztosító eszközzel lehet használni
- 4) A zuhanásgátló rendszer minimum 15kN statikus teherbírású, fix kikötési pontnak olyan kialakításúnak kell lennie, hogy szándékos beavatkozás nélkül lehetetlen legyen a szerkezet leválása vagy szétkapcsolódása.
- 5) A munkavégző személy alkalmazandó munkakötélzete és csatlakozók hosszától függően kötelező a tájékoztatóban meghatározott nagyságú szabad esésteret biztosítani a munkaterület alatt, hogy a zuhanás során ne következzen be sérülés a talajnak vagy valamilyen tárgynak való ütközés miatt.
- 6) A munkavégző személy vízszintes irányú elmozdulásakor az őt biztosító munkakötél függőleges iránytól való elhajlása maximum 45° lehet.
- 7) Kötélpályán történő munkavégzés esetén két, egymástól független ponton rögzített rendszert kell alkalmazni: az egyiket a közlekedéshez és munkahelyzet pozicionáláshoz, a másikat az esetlegesen bekövetkező zuhanás megállításához. Egy kikötési pontnak 7500 kg terhet kell bírnia.

- 8) A magasban való munkavégzés során használt egyéni védőfelszerelést az első használatba vételtől számított minden 12. hónap után, a használatból kivonva, egy notifikált szervezet vagy a gyártó által végzett, szabványnak megfelelő időszakos felülvizsgálatnak kell alávetni; meghatározott idő (textileknél és alumínium eszközöknél 10 év, fém eszközöknek nincsen) elteltével ki kell vonni a használatból.
- 9) A felszerelés bármilyen javítását, illetve a részletes gyártói felülvizsgálatot csak a gyártó vagy az általa meghatalmazott kompetens személy, szervezet végezheti.
- 10) A védőeszköz csak kitöltött, vezetett felülvizsgálati jegyzőkönyv megléte esetén használható, mely adatlapot a magyar nyelvű tájékoztató tartalmazza. A védőfelszerelésre vonatkozó adatok (azonosító, használati, karbantartási, vizsgálati utasításokkal) is megtalálhatók. A védőeszközön kötelezően feltüntetésre kerülő magyar nyelvű jelölések és információk szükségesek az előírásnak megfelelő, biztonságos munkavégzéshez.
- 11) Használat közben bekövetkezett zuhanás után a leesés ellen védő terméket azonnal karanténba kell helyezni és le kell selejtezni. A felhasználónak a védőeszközre vonatkozó minden említésre méltó eseményt dokumentálnia kell pl. ha magasból leesett az eszköz, extrém hőhatás érte, vegyi behatás érte.
- 12) Mentési tervet kell készíteni, amely alkalmazható a magasban való munkavégzéskor.

Amit még fontos megemlíteni, hogy a két méternél magasabban történő munkavégzéseknél kötelező a dolgozók leesés vagy beesés elleni védelmének biztosítása. Ezt nem csak például egy építkezés kivitelezés időszakában kell megteremteni, hanem a megépült létesítmény későbbi karbantartási munkálatainál is.

A zuhanásgátló- és alpinttechnikai rendszerek felszerelése betervezhető az építkezés ideje alatt vagy akár utólagosan is telepíthetők. Mivel sokféle épület létezik és különböző igényeket kell kielégíteni, ezért ezeknek a rendszereknek széles kínálata megtalálható. [11]

Zuhanásgátló- és alpinttechnikai rendszerek [11] alapján:

- Biztonsági létrák
- Alumínium sínes és alpinttechnikai rendszerek
- Acélsodronyos leesésvédelmi rendszerek
- Fix kikötési pontok

2.3.2. Biztonsági létrák:

A biztonsági létráknak több típusa is van, mivel számos területen előszeretettel alkalmazzák. Gyárépületek, silók vagy tornyok oldalán alkalmazva megkönnyítik a tetejükre való feljutást.

A legismertebb fajtái a tűz- és hágcsólétra. A létrák robosztus felépítésűek és biztonságos megoldást nyújtanak a fel- és lemászások alkalmával. A létrákon található dobogók, amelyek pihenésre lehetőséget nyújtanak. A különböző felhasználási adottságok és módok függvényében a tűz-és hágcsólétráknak különböző szabványoknak kell megfelelniük. [12]



4.ábra Hágcsó létra [3]

A létrák biztonságos használatát jogszabályok is szabályozzák:

- A 4/2002 (II. 20.) SZCSM–EüM együttes rendelet 4. számú melléklet Az építési munkahelyeken és az építési folyamatok során megvalósítandó minimális egészségvédelmi és biztonsági követelmények III. Építési munkahelyek helyiségeken kívül 6.4. Létrák pontja [13]

2.3.3. Alumínium sínes és alpintecnikai rendszerek:

Ezeket a rendszereket sokoldalúan lehet felhasználni. Akár biztonsági létrákon kiegészítő védelmet is nyújthatnak, de már a létrák beépített csúszósínnel is rendelkezhetnek vagy önállóan alkalmazhatók az épületeken. Lehet telepíteni vízszintesen és függőlegesen is. Igazán előnyös technológia, mert a biztosító profilsín fixen van telepítve az adott szerkezethez és a hozzá tartozó biztosító “futó kocsi” a talajon a sín alján lehet felhelyezni a sínre és nem lehet leválasztani azt a rendszerről. Szóval igazán felhasználó barát az alkalmazása. [9]



5.ábra Merev sínes zuhanásgátló rendszer [4]

Ezeknek a rendszereknek is több szabványnak kell megfelelniük, hogy aztán biztosíthassák a biztonságos és rendeltetésszerű felhasználást.

- MSZ EN 353-1 szabvány Merev rögzített vezetéken alkalmazott, vezérelt típusú lezuhanásgátlók [14] Merev tartóra (pl. sínre) csatlakoztatható automata biztosító eszköz, amely védi a felhasználót a lezuhanás veszélyétől. Energia elnyelő elem beépíthető a rendszerbe. [10]
- MSZ EN 795 szabvány Kikötőeszközök. [15] Rögzítő készülékek. Elem, amelyhez az egyéni védőeszköz csatlakoztatható.
 - A: kikötési pontok
 - B: mozgatható kikötési pontok
 - C: vízszintes zuhanásgátló rendszer
 - **D: vízszintes sínes rendszer**
 - E: súly- és ellensúlypont [10]

2.3.4. Acélsodronyos leesésvédelmi rendszerek

Az ilyen típusú leesésvédelmi rendszereknek telepített kikötési pontjaik vannak meghatározott távolságokra és ezeket a pontokat drótkötél behúzásával kötik össze. Leggyakrabban akkor használják és akkor is célszerű használni, amikor nagy területet kell bejárni például egy tetőt. Az acélsodronyhoz egy zuhanásgátló hevederzettel vagy egy erre alkalmas biztonsági kocsival lehet biztonságosan csatlakozni. A megválasztott leesésvédelmi rendszernek két fajtája lehet. Az adott távolságonként beépített konzolokon a pályán használt biztosító eszköz ("biztosító kocsi") át tud akadálymentesen haladni vagy pedig nem. [9]



6.ábra Acélsodronyos leesésvédelmi rendszer [5]

Az esés elleni rendszerek különböző termékekből állnak a fennálló veszélynek megfelelően. A termékeket (zuhanásgátló hevederzet, munkahelyzet pozicionáló rendszerek, energiaelnyelők, visszahúzzható és vezérelt típusú zuhanásgátlók, kiegészítők) az Egyéni Védőeszközökre (EVE) vonatkozó európai szabványok szabályozzák. [5] A legfontosabb szabványok közé tartozik MSZ EN 353-2:2003 2. része [16], ami a hajlékony rögzített vezetéken alkalmazott, vezérelt típusú lezuhanásgátlókról szól. A hajlított vezeték lehet kábel, sodrony és kötél. Ehhez csatlakoztatható a biztosító eszköz, amit a felhasználó használ. Ezekbe a rendszerekbe is esetenként szükséges lehet beépíteni energiaelnyelőt.

2.3.5. Fix kikötési pontok

A kikötési pontok az alapját képezik a leesés elleni védelemnek. Már fontos a zuhanásgátlás tervezésénél is, hogy a biztosítani kívánt területhez leginkább megfelelő típusú kikötési pontot alkalmazzuk. [17] Felhasználási területük igazán változatos. Ezekhez a pontokhoz rögzíti magát a felhasználó. Különböző típusai vannak. Lehet véglegesen rögzített vagy mobil.



7.ábra Fix kikötési pontok [6]

A rögzítési pontok jogszabályi háttere:

- 11/2003. (IX. 12.) FMM rendelet az ipari alpinetnikai tevékenység biztonsági szabályzatáról: A rögzítési pontok kialakításának követelményei, valamint az ereszkedés és a kötélhasználat szabályai jogszabály tartalmazza. [18]

Az alábbi szabvány vonatkozik a kikötési pontokra:

- MSZ EN 795 szabvány Kikötőeszközök. [15] Rögzítő készülékek. Elem, amelyhez az egyéni védőeszköz csatlakoztatható.
 - **A: kikötési pontok**
 - B: mozgatható kikötési pontok
 - C: vízszintes zuhanásgátló rendszer
 - D: vízszintes sínes rendszer
 - E: súly- és ellensúlypont [10]

2.4. Felülvizsgálat

Ma már a felülvizsgálat fogalma nem lehet idegen számunkra. Nagyon sok területen, akár jogszabályi szinten is előírják, hogy mit és milyen időközönként kell ellenőrizni, hogy a meghatározott funkciójának továbbra is eleget tesz. Ilyenek lehetnek az emelőgépek, orvosi berendezések és tűzoltó készülékek. A köztudatban már bevésődött, hogy vannak dolgok, amiknek a kötelező a felülvizsgálata és ennek eleget is tesznek, de vannak még olyan dolgok, amik elfelejtődnek. A leesésvédelmi rendszereket is kötelező felülvizsgálni. Ez a tény még nem teljesen épült be a köztudatba, de azért vannak kivételek.

A leesésvédelmi és rendszerek kötelező éves felülvizsgálatát jogszabály és gyártói utasítás is előírja. A gyártó által kiállított telepítési és felülvizsgálati engedéllyel rendelkező személyek vizsgálhatják felül. A gyártó által meghatározott felülvizsgálati időn szigorítani lehet, de tágabb időintervallumot megfogalmazni nem lehet.

A kötelező időszakos felülvizsgálat alapfeltétele a jóállás érvényességének, amely a telepítési terv és a kivitelezési dokumentáció figyelembevételével a gyártó által meghatározott ellenőrzési lista alapján készül. Továbbá jogszabály írja elő, hogy a magasban történő munkavégzések során alkalmazott egyéni védőeszközöket időszakos felülvizsgálat alá kell vonni. Az időszakos felülvizsgálatokat az általános magasban történő munkavégzésre használatos eszközök esetén 12 hónapos, az alpinetnikai munka végzések során alkalmazott

eszközök esetén 6 hónapos ciklusonként kötelező elvégezni. A felülvizsgálatok elvégzését kizárólag akkreditált személy végezheti. [11]

A felülvizsgálatot a következő szabvány és jogszabály írja elő.

- MSZ EN 795:2013 [15] Személy lezuhanását megelőző eszközök, kikötőeszközök előírásaira vonatkozó jogharmonizált szabvány.
- 1993. XCIII. munkavédelmi törvény 23§ (1) bekezdés. [19]

2.5. Hazai példák a leesésvédelmi rendszerek felhasználására

Magyarországon a leesésvédelmi rendszerek betervezése úgy terjedt el, hogy a külföldi megrendelők kérték a tervezését. A betervezett leesésvédelmi rendszerekkel az akkor épülő külföldi multik által építtetett csarnokok esetében lehetett találkozni. Ebben az esetben a megrendelő már kérte a tervezőket a leesésvédelmi rendszer tervezésére, mert a saját előírásuk szerint ez ugyan úgy része az épületnek, mint a villám, vagy a tűzvédelem. Mivel a hazai ipari csarnokok magas raktárak és logisztikai csarnokok főként német tulajdonosi háttérrel rendelkeznek, így anno a leesésvédelemre vonatkozó szabályok is a német előírásokat követik, amit többé kevésbé a magyar szakemberek elfogadtak és irányelvként kezeltek. Voltak elszórva olyan példák is, amikor a megrendelő kérte a rendszerek betervezését vagy utólagosan az üzemeltető cég rendelte meg.

Ma már vannak olyan jogszabályok, amik a zuhanásgátlók létjogosultságát alátámasztják. Ezek az alábbiak:

- 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről (OTÉK) – Építmények létesítési előírása IV. fejezet 50. § (5) bekezdése, 53. § (2) bekezdése, 60. § (3) bekezdése [20]
- 1993. évi XCIII törvény a munkavédelemről: 28. § (1) bekezdése, 87. § (5) és (13) bekezdése [19]
- 4/2002. (II. 20.) SzCsM-EüM együttes rendelet az építési munkahelyeken és az építési folyamatok során megvalósítandó minimális munkavédelmi követelményekről - Az építési munkahelyeken és az építési folyamatok során megvalósítandó minimális munkavédelmi követelményekről. 4. számú melléklet, I. fejezet, 19.2 pontja. [13]

Mint oly sok mindenben itt sem feltétlen tudnak gördülékenyen menni a dolgok. Vannak olyan tapasztalatok, hogy az üzemeltetés által felkért munkát nem lehet elvégezni a

leesésvédelmi rendszer hiánya miatt. Továbbá az építés során még nem alakult ki a rutin és ezért lehet problémákba ütközni. Olyan helyzetekkel lehet találkozni, hogy a megálmodott leesésvédelmi rendszer nem megfelelő az adott épülethez vagy hiányzik a terv, ami alapján beépítésre kerülhetne a rendszer. Van arra is példa, hogy keverik a rendszerek felhasználását és leesésvédelmi pontokat telepíttetnek olyan helyekre, ahol ipari alpin munkákat szeretnének elvégeztetni. Az ipari alpin munkákra külön rendszerek vannak (fix kikötési pontok), amelyek az adott munka viszonyosságainak elviselésére lettek tervezve és minősítve. Ezért nem ajánlott a rendszerek felcserélése. Érdemes ilyenkor a tervezőknek konzultálnia azzal a céggel, akit majd a rendszer telepítésével bíznak meg, mert a kivitelező cégnek vannak tapasztalatai és ismeretei a rendszerekkel kapcsolatban. A kivitelezés is rejthet magában meglepetéseket. Vannak olyan esetek mikor az építési helyszínen esetleg a generál kivitelező cég rossz időben szól a zuhanásvédelmi rendszert telepítőknek. Ilyenre példa az, amikor már kész van a tető rétegrendje de a tervezett rendszert még a rétegrend előtt kellett volna beszerezni vagy olyan stádiumban van az építkezés, hogy nem lehet feljutni a tetőre, hogy a rendszert beépítsék. Természetesen logisztikai problémák mindig voltak és lesznek is de mindezek ellenére törekedni kell a munkafolyamatok sorrendjének a betartására az extra költségek vissza szorítása érdekében.

Vizsont hazánkban már vannak a közelmúltból olyan példák, amelyek azt mutatják, hogy lehet tervezni, kivitelezni és alkalmazni a leesésvédelmi rendszereket. Magyarországon a Fallprotec magyar képviselői [11] telepítenek zuhanásgátló rendszereket. Sikeresen kivitelezett munkáikat mutatják be a következő sorok.

2.5.1. MVM Dome

A projekt építésének összege 116 milliárd forint volt a közbeszerzéskor, végül nettó 78,7 (kb. bruttó 100) milliárd forintos szerződés került aláírásra, melybe nem számít bele a telekvásárlásért fizetett 13,6 milliárd forint, valamint az előkészületekre elköltött további 1,7 milliárd forint sem.

A tereprendezés után az építkezés 2019. november 29-én indult meg. 2020 júniusára nagyjából elkészült a 8 lépcsőház, és megkezdődött a lelátók szerkezetének építése. 2020 októberében kezdődött a tetőszerkezet építése. 2021 januárjában megindult a jegyértékesítés a 2022-es kézilabda Eb-re. Ekkor kezdődött az új aréna külső burkolatának felhelyezése.

Feladat:

A csarnokban megrendezésre kerülő rendezvények és koncertek alkalmával a hang és fénytechnika telepítése, valamint időszakos karbantartására irányuló munkavégzések során az

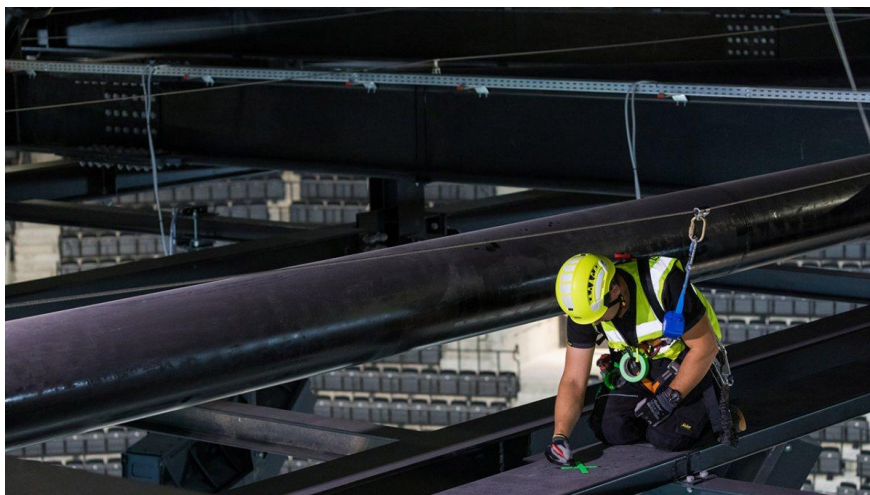
acélszerkezeten dolgozó technikusok számára leesés elleni védelmet kellett biztosítaniuk.

A megrendelő számára fontos kritérium volt, hogy a biztosító rendszer több munkavégző egyidejű munkavégzését garantálja.

Szintén elvárás volt a gyors és akadálymentes közlekedés lehetősége a rendszereken úgy, hogy a rendszer köztes vezetőszeleinek átakasztások nélkül lehessen áthaladni.

A biztosító rendszer nyomvonalát a megrendelő független szakértő bevonásával határozta meg.
Megoldás:

Az épület acél tartószerkezetéhez roncsolás mentes kapcsolattal (ún. pántolással) acél csomólemezeket kerültek rögzítésre. A lemezekre kerültek felszerelésre a vég és köztes vezetőszelek, amelyeken keresztül az előfeszített rozsdamentes acélsodrony került behúzásra. Összesen 13db párhuzamos rendszer telepítése valósult meg, 695 méter hosszúságban. A rendszerek egyik szabad végén energiaelnyelő, míg a másik szabad végén egy feszítő elem került beépítésre, amely a sodronyok utófeszítését teszi lehetővé. A talplemezek RAL 9005 fekete színterézése biztosítja, hogy a szerelvények és kötőelemek ne okozzanak fénytükrözést.
[21]



8.ábra MVM Dome acélsodronyos leesésvédelem [7]

2.5.2. LISS- Répcelak

Cégük 50 éve a világ legjobb patrongyártói között van számon tartva. Tapasztalattal, innovációval és hozzáértéssel létrehozott szóda-, habpatronaik és készülékeik az állandóság, a hozzáértés és a megbízhatóság nevében készülnek. Az 50 éves tradíció, a sikeres múlt és a folyton megújuló gazdasági igények kötelezik őket, hogy tudásukat a jelen elvárásaival ötvözve, a legmagasabb szintű minőséggel és technikával állítsák elő termékkínálatukat.

A LISS Zrt. 1960 óta gyárt patronokat, 2001. májusától 100%-os magyar tulajdonban van. LISS Zrt. néven gyártják és forgalmazzák a szóda- és habszifon készülékeket is.

Feladat:

A gyártócsarnok tetején történő munkavégzések során a dolgozók le- és bezuhanásának megelőzése a felülvilágítók környezetében történő közlekedések során. A kiépített rendszerrel szemben támasztott követelmény volt, hogy a csarnok hossz tengelyének középpontján futó bevilágítóablak és az esővíz elvezetéséül szolgáló vápa is megközelíthetőek legyenek a biztosítórendszer alkalmazásával.

Megoldás:

A bevilágítóablak és a vápa között és azokkal párhuzamos acélsodronyos rendszerek kiépítése valósult meg, oly módon, hogy az épület sarokpontjain kiegészítő fix kikötési pontok alkalmazásával a munkavállaló ne kerülhessen ingaveszélyes munkakörnyezetbe. A tetőszint biztonságos megközelítéséhez és elhagyásához a hágcsó felső pontján minősített kikötési pont került elhelyezésre. [21]



9.ábra LISS acélsodronyos leesésvédelem [7]

2.5.3. MONDI- Békéscsaba

A Mondi Békéscsaba széles választékát gyártja flexo- vagy mélynyomtatott laminált fóliáknak, egyedi kódolás lehetőségével az édességipar, snackgyártók, egészség- és gyógyszeripar, valamint az állateledel gyártók részére – feldolgozott és száraz eledelekhez, továbbá az üdítőipari szektor gyártóinak. Innováció ezen felül cégükönél a magas minőségű laminált szerkezetek feldolgozása innovatív és kényelmes visszazárható tasakká, mely főleg az állateledel piacra készül. Teljes és részleges lézer perforáció alkalmazása még jobban megkönnyíti a termék felbontását, kinyitását.

Feladat:

A gyártóépületek tetején elhelyezett légcserélők, klíma- és egyéb berendezések karbantartási munkálatai során a tető szélhez közel (2,5 m) történő tartózkodás alatt lehetősége legyen a munkavégzőnek leesés ellen biztosítani magát. Megrendelő kérése volt, hogy a klasszikus, pont szerű kikötési megoldás helyett egy úgynevezett „átjárható” acélsodronyos vonalmenti biztosítási rendszer kerüljön kiépítésre. A füst- és hőelvezető ablakok közelében egy darab minősített kikötési pont kiépítése a bevilágítók mechanikájának javítási munkálataihoz.

Megoldás:

Alacsony bázison elhelyezett rögzítések között átfuttatott 8mm-es acélsodronyos rendszer kiépítése történt meg a homlokzati síktól mért 2,5 méteres távolságban. Az alacsony bázisokon gyárilag integrált szigetelő gallérok a lágyhely fedésű PVC tetőhöz került lesütésre. Így a teljes vízszigetelés biztosított a födémáttöréseknél. [21]



10.ábra MONDI acélsodronyos és kikötési pontos védelem [7]

2.5.4. WINERBERGER- Tiszavasvári

A Wienerberger magyarországi leányvállalatát 1990-ben azzal a szándékkal alapította, hogy elismert technológiáját és termékeit egész Kelet-Közép-Európában helyi gyártás révén honosítsa meg. Dinamikus piacpolitikájuknak és intenzív beruházási tevékenységüknek köszönhetően mára a magyar építőanyag-piacon is kiemelkedő pozíciót foglalnak el. Hozzáértésüket piacképes termékek gyártásával és értékesítésével bizonyítják, élen járnak a téglagyártás innovációjában, energiahatékony termékeik az úgynevezett Okostéglák, a Porotherm Thermo és X-therm téglatermékek. Szolgáltatásaikkal – a tervezéstől a beszerzésen át a kivitelezésig – az építkezés teljes folyamatát segíteni kívánják.

Feladat:

A téglagyártás során alkalmazott gépek és gépsorok időszakos karbantartási munkáihoz a magasban történő munkavégzések biztosítására a munkakörnyezethez igazodó biztosítási rendszerek vagy a munkaterületek megközelítését szolgáló rendszerek kiépítése.

Megoldás:

Az egyes gépek vázszerkezetét felhasználva a biztosítórendszerek háttérszerkezetéül szolgáló tartók bilincses kapcsolattal történő felhelyezése tette lehetővé, hogy minden munkaterületen az előírásoknak megfelelő és a felhasználók számára könnyen alkalmazható rendszerek kerültek kiépítésre. Az egyes munkaterületeken minimum kettő fő egyidejű munkavégzését biztosítják az általunk kiépített sodronyos és sínes rendszerek. [21]



11.ábra Wienerberger sínes és
sodronyos védelem [7]

3. Felhasznált rendszerek és anyagok

A dolgozatomban 4 féle tető rétegrendi felépítést vizsgálok. A leesésvédelmi rendszerek gyakori felhasználási területeire és kivitelezésére próbáltam asszociálni az anyagok, rétegek és rendszerek megválasztásakor. A választások alkalmazhatók gyárcsarnok tetőzetén és lapostetőkön.

A 4 típusú felépítés a következő:

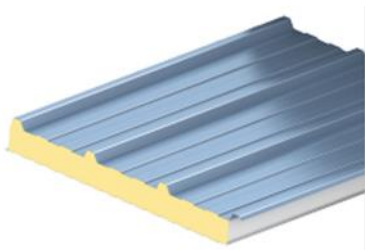
- Fém vértetű szendvicspanel
- Épített trapézlemez
- Hőszigetelt szendvicspanel
- Extenzív zöldtető (egyenestető)

A következőkben bemutatott anyagok tulajdonságait és paramétereit az MSZ EN ISO 10456:2008 szabványból [22] és termékkatalógusokból lettek meghatározva. A vizsgálatban felhasznált leesésvédelmi rendszerek a Fallprotec termékeiből [11][23] lettek kiválasztva.

3.1. Tetőkialakítások

3.1.1. Fém vértetű szendvicspanel

Panel: Kingspan KS 1000 RW (alul/felül acél vértetű IPN hab hőszigetelésű szendvicspanel)
[24]



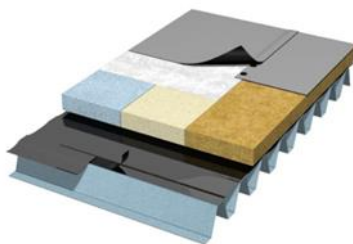
12.ábra Kingspan KS 1000 RW szendvicspanel [8]

1. táblázat: KS1000 RW anyagtulajdonságai, forrás: [1]

Alkalmazott anyag neve	Vastagság [mm]	Hővezetési tényező [W/mK]
IPN hőszigetelés	155	0,022
Acél	0,9	50

3.1.2. Épített trapézlemez

Panel: Új lapostető szigetelése egyenes rétegrenddel, PVC lemezzel, acél trapézlemez födémen, mechanikai rögzítéssel [25]



13.ábra BMI Villas épített trapézlemez [9]

Rétegrendje:

- zárólemez
- alátétlemez

- hőszigetelés
- párazáró réteg
- kellősítés
- aljzat- acél trapézlemez

2. táblázat Épített trapézlemez anyagtulajdonságai, forrás: [2]

Alkalmazott anyag neve	Vastagság [mm]	Hővezetési tényező [W/mK]
Zárólemez (bitumenes)	2	0,23
Alátétlemez (bitumenes)	1,25	0,23
Knauf SmartRoof norm hőszigetelés	220	0,037
Párazáró réteg (bitumenes)	1,5	0,23
Kellősítés (bitumenes)	1	0,23
Acél	0,9	50

3.1.3. Hőszigetelt szendvicspanel

Panel: Kingspan KS 1000 X-DEK (PVC vízszigetelésű IPN QuadCore hab töltésű tetőpanel magasprofilon) [26]



14.ábra Kingspan KS 1000 X-DEK tetőpanel [10]

3. táblázat KS1000 X-DEK anyagtulajdonságai, forrás: [3]

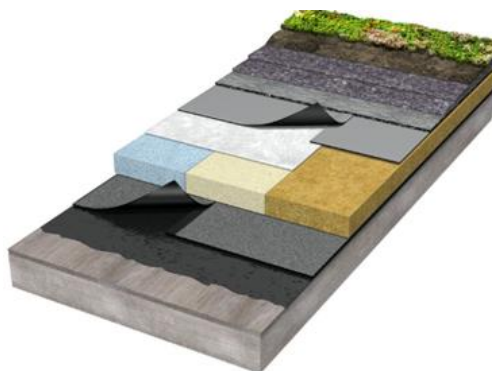
Alkalmazott anyag neve	Vastagság [mm]	Hővezetési tényező [W/mK]
IPN QuadCore hőszigetelés	208	0,019
Acél	0,9	50
PVC	1,2	0,14

3.1.4. Zöldtető

Típusa: Zöldtető kialakítása vasbeton födémen, PVC lemezzel, egyenes rétegrendű zöldtető (leterheléses rögzítéssel), extenzív növényzettel [27]

Rétegrendje:

- extenzív növényzet
- védő- elválasztó réteg
- szigetelőlemez
- elválasztó réteg
- hőszigetelés
- párazáró réteg
- kellősítés
- lejt beton
- vasbeton födém



15.ábra BMI Villás zöldtető [11]

4. táblázat Zöldtető anyagtulajdonságok, forrás: [4]

Alkalmazott anyag neve	Vastagság [mm]	Hővezetési tényező [W/mK]
Extenzív növényzet	120	0,17
Védő-elválasztó réteg (geotextília 200 g/m ²)	1,25	0,034
Szigetelőlemez (PVC)	1,5	0,14
Elválasztó réteg (alátét)	1,25	0,1

Knauf SmartRoof norm hőszigetelés	180	0,037
Párazáró réteg (bitumenes)	4	0,23
Kellősítés (bitumenes)	1	0,23
Lejt beton	70	1,35
Vasbeton födém	270	2,5

3.2. Leesésvédelmi rendszerek

Két fajta rendszer került felhasználásra. Ezeket a rendszereket is különféleképpen lehet felhasználni. Jelen dolgozatban a megválasztott rendszereket a következők jellemzik:

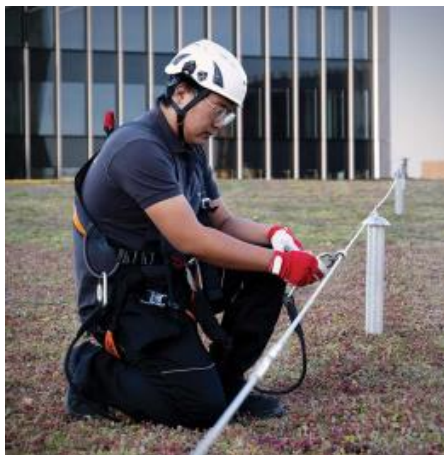
- felhasználás terület a leesésvédelem,
- tetőkön lehet felhasználni őket,
- vonalmenti rendszerről van szó, ami vízszintesen telepítendőek és
- acélsodronnyal kerülnek beépítésre.

3.2.1. Fallprotec- Securope on posts

Ezt a fajta rendszert zöldtetőre is lehet telepíteni. A Securope alkalmazható konzol ként, amire az acélsodronyt lehet telepíteni és ez által könnyen és biztonságosan bejárható a tető vagy rögzítési pontként. Ez a rendszer véglegesen van telepítve a tetőre. Tökéletesen használható azoknak a személyeknek, akik például karbantartási munkákat végeznek a tetőn. Felhasználható vízszintes vagy maximum 5°-os lejtésű tetőkön. [28][29]

A rendszer előnye, hogy [29]:

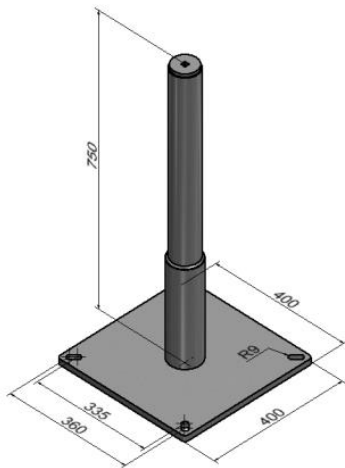
- egy osztásközben 2 ember is használhatja
- a tető szélétől számított 2 m belül tartja az ott dolgozót
- kompatibilis egy másik rendszerrel (Unipost)
- különbözőképpen lehet beépíteni, vagy a vasbeton födémbe rögzítik vagy leterheléses módszerrel telepítik ezzel megőrzi a tetőszigetelés és vízszigetelés épségét
- rozsdamentes acélból és magas minőségű alumíniumból készül a korrózió ellen



16.ábra Securope leesésvédelmi rendszer [12]

Felépítése

A Securope talplemeze és konzolja (IDF015) a gyártó által összeépítésre került. A talplemez a trapézlemez felső gerincére tud felfeküdni, ezért ott kell elhelyezni. Az oszlop magassága 75 cm. A talplemez anyaga rozsdamentes acél és 1,5 cm vastagságú. Az oszlop 2 db alumínium csőből áll, amelyeknek a vastagsága 4 mm. A 75 cm magas cső átmérője 72 cm és a 35 cm magas cső átmérője 76 cm. A két cső egymásba van téve és így egyben alkotja az oszlopot. Az oszlop alkalmas arra, hogy rögzítőpontot (LDV029), sarokelemet (LDV096) és az acélsodrony rögzítésére alkalmas pontot (LDV106) lehessen a tetején rögzíteni. [28]



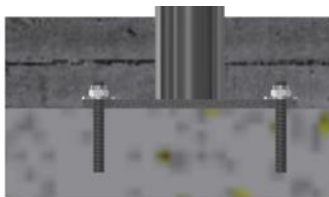
17.ábra IDF015 rögzítőtalp [13]

Beépítés

Ez a típusú rögzítőtalp tud felfeküdni a vasbeton födémre. A rögzítőtalpat 90 mm hosszú M12-es átmérőjű rozsdamentes acél menetesszárral és kétkomponensű dübel ragasztóval rögzítik a vasbetonba. A rögzítőtalp és a vasbeton közé kerül egy gyári gumiszőnyeg (IDF017). Ezek után következhet a zöldtető rétegrendjének az elkészítése. [28]

A megfelelő beépítés és teljesítménye [28]:

- 4 db M12x90 rozsdamentes acél menetesszár hozzá illő anyával és alátéttel
- fúrásmélység: ajánlott 70 mm
- beton minimális vastagsága: 100 mm
- minimális távolság a szerkezet peremétől: 105 mm
- meghúzási nyomaték: 1:40 Nm
- szakítószilárdság: 20 kN
- nyírószilárdság: 12 kN



18.ábra Rögzítés [13]

5.táblázat Fallprotec Securope on post anyagjellemzők, forrás: [5]

Elem	Alkalmazott anyag neve	Méretek [mm]	Hővezetési tényező [W/mK]
Rögzítő talp (IDF053)	rozsdamentes acél	vastagság= 3, 370x370	17
Oszlop (IDF058)	rozsdamentes acél	vastagság= 4,	17
	alumínium	átmérő= 30, hossz= 550	160
M10-es billenőcsavar	rozsdamente acél	átmérő= 10, hossz= változó	17
M12 menetesszár	rozsdamente acél	átmérő= 12, hossz= 550	17
M20-as rúd	rozsdamente acél	vastagság= 4, átmérő= 20, hossz= 550	17
Kikötési pont (LDV029)	rozsdamente acél	vastagság= 4	17

3.2.2. Fallprotec- Unipost anchor pont

Az Unipost leesésvédelmi rendszert már a nevében is hordozza milyen sokféleképpen lehet felhasználni. Unipost jelentése Universal post, más szóval univerzális pont. Többféle tetőszerkezetre is telepíthető, mint például előregyártott körüreges betonpanelre, trapézlemezre, fa födémre és egyhéjú tetőre (melegtető) vagy kéthéjú tetőre (hidegtető). A rendszer telepítési módszeréből adódóan véglegesen a tetőn marad. Igazán elegáns megoldás, ha a tetőn a szokottnál sűrűbben kell munkálatokat végezni. Az Unipost kialakításának köszönhetően az esetlegesen bekövetkezett zuhanásból adódóan sem sérül a tető, deformálható rendszer. [29][30]

A rendszer előnye, hogy [29]:

- egyszerre két személy is használhatja egy osztásközben
- kompatibilis a Securope EVO, Securope és Secura leesésvédelmi rendszerekkel
- különböző tetőtípusokon is alkalmazható
- a konzolok energiaelnyelőként is funkcionálnak
- szigetelési munkálatok előtt is telepíthető és ez által biztosításként már használható az elkövetkezendő munkálatoknál
- könnyen szerelhető trapézlemezre is a billenőcsavaroknak köszönhetően
- rozsdamentes acélból és magas minőségű alumíniumból készül a korrózió ellen
- a rászerezhető kikötési pont forgatható

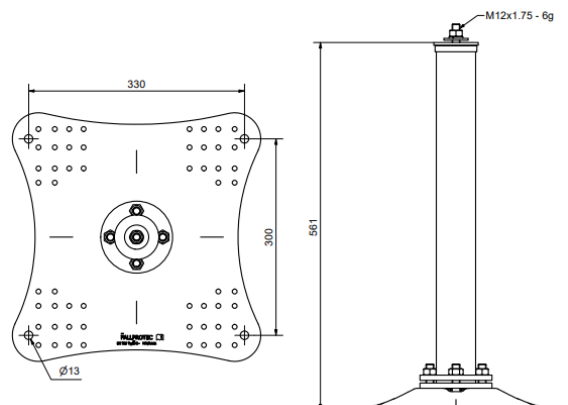


19.ábra Unipost leesésvédelmi rendszer [14]

Felépítés

A rögzítőtalp (IDF058) több elemből áll. A talplemez rozsdamentes acélból készült és 3 mm vastagságú. A talpból egy alumínium oszlop áll ki, ami 4 mm vastagságú. Az alumínium oszlopon belül egy M20-as rozsdamentes rúd fut, ami egy közösítő anyával csatlakozik az oszlop tetejénél belül egy M12 menetes szárral. Ez a kialakítás arra szolgál, hogy amikor egy dinamikus esés hatása éri a rendszert akkor az alumínium oszlop össze tud roppanni és segít csillapítani a keletkező erőt. Az oszlopon belüli rúd megtartja a zuhanó személyt. Végül is a

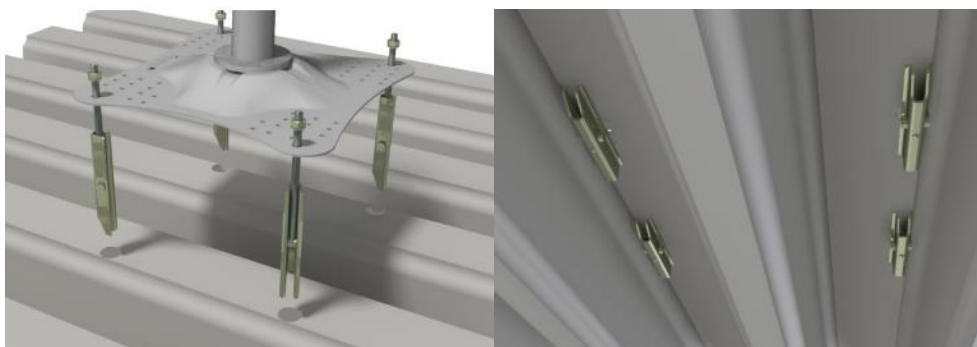
konzolok is energiaelnyelők ként funkcionálnak. Ez azért is hasznos, mert a tetőben nem keletkezik kár egy ilyen helyzet bekövetkezésekor. [30]



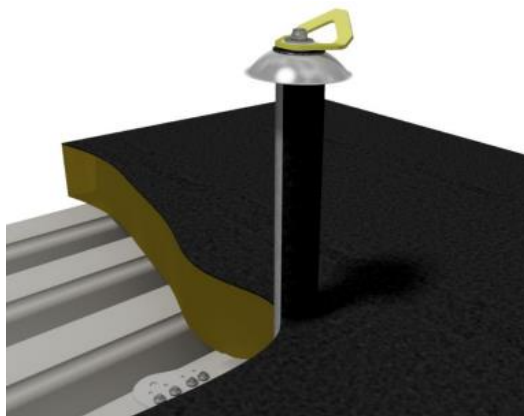
20.ábra IDF058 rögzítőtalp [15]

Beépítés

A rögzítőtalpat billenőcsavarokkal (FAS004) lehet a trapézlemezhez vagy a szendvicspanelbe fogatni. A talplemez a trapézlemez felső gerincére tud felfeküdni, ezért ott kell elhelyezni. A billenőcsavar horganyzott acélból készül, ami akár 500 mm hosszú is lehet és a szakítószilárdsága 20 kN. A rögzítési felületet egy 32-es átmérőjű kúpos fúróval kell átfúrni. Ez után lehet az M10-es billenőcsavarral a rögzítőtalpat például a trapézlemezhez rögzíteni. Az M10-es anyacsavart 17 mm-es kulcs segítségével húzzuk a kellő nyomatékra a rögzítést. A csavar főleges hosszát le kell vágni és lecsiszolni. Az épített trapézlemeznél a konzol áttöri a rétegrendet. Egyhéjú vagy kéthéjú tetőknél legfeljebb 330 mm vastag szigetelésnél alkalmazandó. Ezek az oszlopok is alkalmasak arra, hogy rögzítőpontot (LDV029), sarokelemet (LDV096) és az acélsodrony rögzítésére alkalmas pontot (LDV106) lehessen a tetején rögzíteni. [30]



21.ábra Billenőcsavar beépítése [14]



22.ábra Épített trapézlemez építése [14]

6.táblázat Fallprotec Unipost anchor point anyagjellemzők, forrás: [5]

Elem	Alkalmazott anyag neve	Méretetek [mm]	Hővezetési tényező [W/mK]
Gumi alátét	ebonit	3	0,17
Rögzítő talp (LDV058)	rozsdamentes acél	vastagság= 15, 400x400	17
Oszlop (IDF015)	rozsdamentes acél	vastagság= 4, átmérő= 72/76, hossz= 750/350	17
	alumínium		160
M12-es menetesszár	rozsdamentes acél	átmérő= 12, hossz= 90	17
Kikötési pont (LDV029)	rozsdamente acél	vastagság= 4	17

A rétegek és rendszerek párosítása

A dolgozatban a Securope leesésvédelmi rendszert a zöldtetőnél, az Unipost leesésvédelmi rendszert a fém vértetű szendvicspanelnél, az épített trapézlemeznel és a hőszigetelt szendvicspanelnél lesznek alkalmazva.

4. Módszertan

Jelen dolgozat célja, hogy megvizsgáljam és elemezzem a különböző tetőrétegrendi kialakításokba beépített leesésvédelmi rendszereket épületfizikai és épületenergetikai szempontokból végeeselemes numerikus modellezés felhasználásával. E tanulmány keretében a modellek elkészítéséhez a Comsol Multiphysics 6.0 szoftvert használtam. Ez a program

alkalmas arra, hogy különböző épületszerkezeti részeket vagy elemeket modellezzünk hő- és nedvességtranszport szempontjából.

Az energetikai követelmények szigorodása miatt, érdemes átgondolni, hogy mit és hogyan használunk fel és építünk be egy épülő lakóépületbe vagy egy ipari csarnokba. Ez azért is fontos, mert csak akkor kap egy beruházás használatbavételi engedélyt, ha megfelel a hatályos energetikai követelményeknek. Az épületeknek a 7/2006. (V. 24.) TNM-rendelet 6. mellékletében [31] foglalt követelményeknek kell megfelelniük, ami azt jelenti, hogy a "közel nulla energiaigényű épületek" követelményszintjét kell elérni. Fontos viszont megemlíteni, hogy az épületeken levő rétegrendeknek a hőátbocsátási tényezőiknek kell megfelelnie. [32]

A szigorodás következményei közé tartozik a magasabb beruházási költség, de a rezsiköltségek ezáltal csökkennek és a környezettudatosságban is fontos szerepet játszik. [32]

4.1. Anyagok

A 3. Tetőkialakítások pontban leírt anyagtulajdonságokkal és értékekkel dolgoztam. Ezeket az értékeket termékkatalógusokból és az MSZ EN ISO 10456:2008 SZABVÁNYBÓL [22] vettem.

A leesésvédelmi rendszerek konzoljai üreges csőből és bennük egy menetesszárral épülnek fel. Ezekben a konzolokban található levegő. A zárt légréteg hővezetési tényezőjét az MSZ EN ISO 6946:2017 szabványban [36] leírtak szerint határoztam meg. A levegő hővezetési tényezője a vastagságától függ ezért, figyelembe vettem, hogy a konzolokban a levegő x, y és z irányba is meghatározható. Külön kilettek számolva az oldalirányú és felfele irányuló légréteg vastagságok a pontosabb eredmények érdekében. A hőáram irányát felfelé irányulónak vettem fel, hisz a vízszintes a falakra és a lefelé irányuló a padlóra vonatkozik.

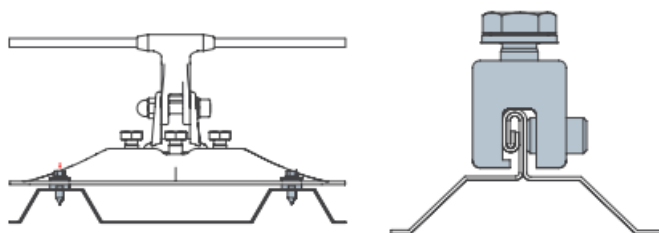
Az anyagtulajdonságok megadásánál nem csak a hőátbocsátási tényezőt kéri a program, hanem a fajhőt és a sűrűséget is. Állandósult állapotba az egyenlet megoldási menete során a fajhő és a sűrűség ki fog esni. Azoknál az anyagoknál, ahol nem találtam meg ezeket az értékeket nem jelentett problémát. A számításom végeredményeit nem befolyásolja.

4.2. Szerkezeti modellek

4.2.1. Tetőkialakítások és leesésvédelmi rendszerek kiválasztása

A koncepció az volt, hogy átgondoltam a leggyakoribb felhasználási területeket és az ott elképzelhető beépítési lehetőségeket. A leggyakrabban irodaépületeken, stadionokon, plázákon és csarnok épületeken lehet ilyen rendszerekkel találkozni. Ezen túlmenően a beépítés

módszere különböző. Vannak olyan esetek, amikor van arra lehetőség, hogy leterheléssel vagy a felület felszínébe (pl. trapézlemez külső fém vértete) vagy korcolt tetőlemez korcába készüljön el a rögzítés.



23.ábra Rögzítési módszerek [16]

Jelen kutatásban ezek a beépítési módszerek nem relevánsak, mivel arra vagyok kíváncsi, hogy épületfizikai és épületenergetikai szempontból milyen hatással vannak ezek a rendszerek a tetőre. Ezért kellett tovább gondolni és olyan kialakításokat figyelembe venni, ahol a rögzítés áthatol a rétegrendben. A már említett 4 kialakításra ezért esett a választás. Az épített trapézlemez, fém vértetű szendvicspanel és hőszigetelt szendvicspanel gyakran előfordul csarnokok és stadionok burkolataként. A zöldtető mára igen kedvelt kialakítás lett az irodaépületeken és plázákon a kedvező gazdasági és környezeti hatásai miatt.

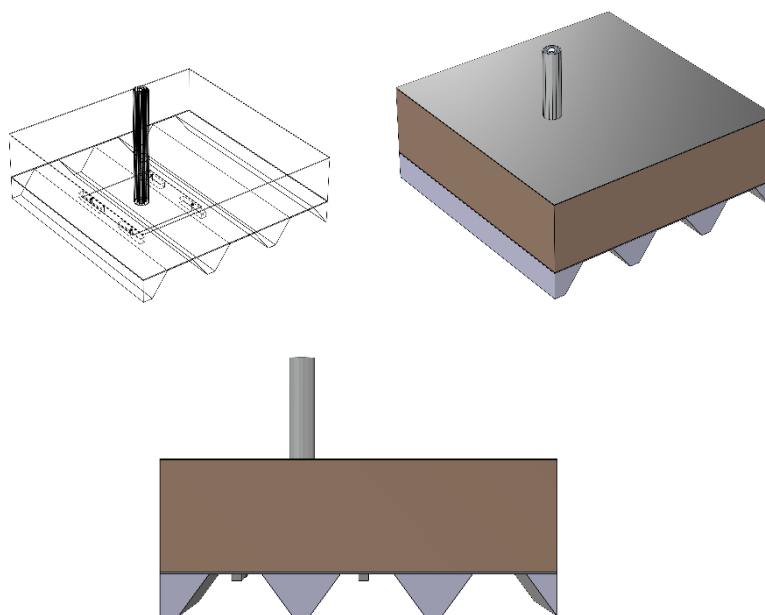
A megválasztott rétegrendek és rendszerek részletes bemutatásra kerültek a 3. Tetőkialakítások pontban. A felhasznált anyagoknál és megválasztott méreteknél törekedtem arra, hogy tükrözzék a valóságot. A leesésvédelmi rendszerek kiválasztásánál segítségemre volt a Fallprotec termékeit itthon forgalmazó és építő csapata. [11]

4.2.2. Modellek

A kiválasztott tetőkialakításokat elsősorban szilárdtest modellként kellett megrajzolni. Ehhez az AutoCAD 3D programot használtam. Ezek után tudtam a szilárdtest modelleket bevinni a Comsol Multiphysics 6.0 szoftverbe, ahol el tudtam végezni a numerikus modellezést.

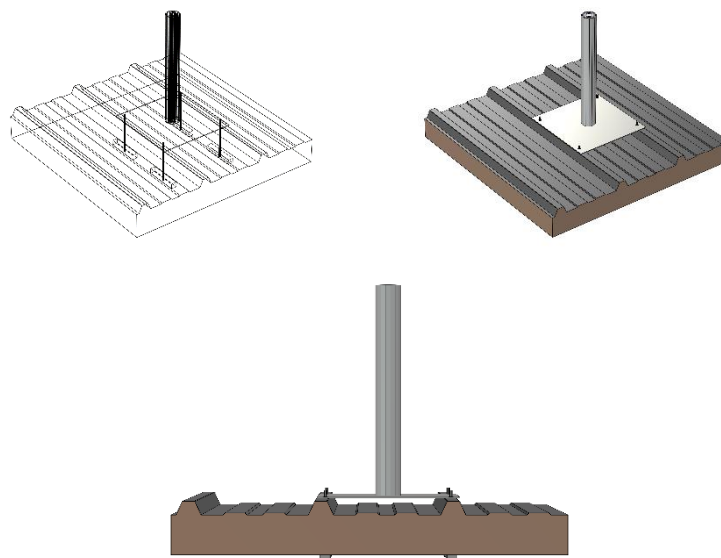
Az elkészült modelleket alább mutatom be.

- épített trapézlemez az Unipost leesésvédelmi rendszerrel



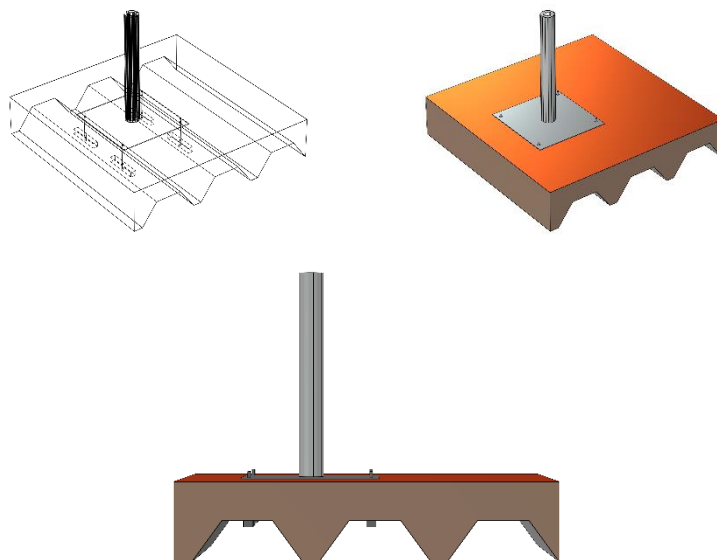
24. ábra Épített trapézlemez és Unipost modell

- fém vértetű trapézlemez az Unipost leesésvédelmi rendszerrel



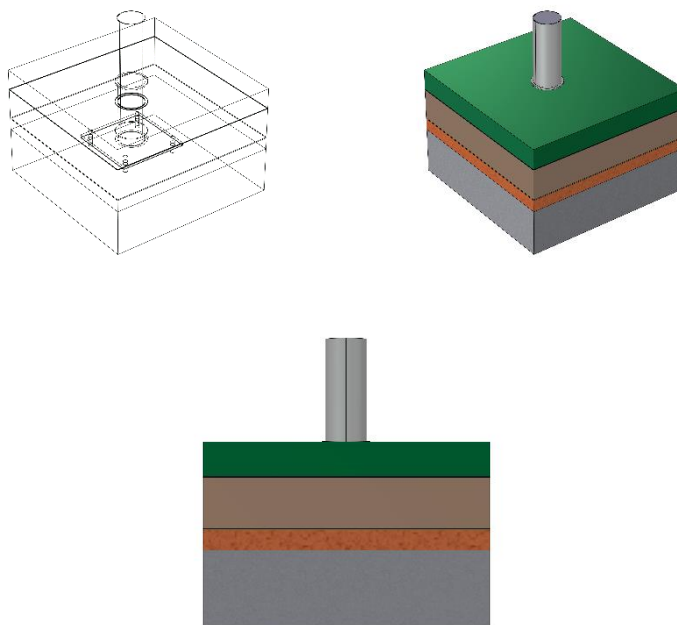
25. ábra Fém vértetű és Unipost szendvicspanel

- hőszigetelt szendvicspanel és Unipost leesésvédelmi rendszer



26.ábra Hőszigetelt szendvicspanel és Unipost modell

- egyenes rétegrendű zöldtető és Securope leesésvédelmi rendszer



27.ábra Zöldtető és Securope modell

4.3. Numerikus modellezés

Numerikus számítási módszer a [34] alapján

A numerikus számítás és modellezés segítségével részletes számításokat lehet végezni úgy, hogy közben figyelembe legyen véve a többdimenziós hőáramok hatása. A Jaanus Hallik és

Targo Kalamees által írt tanulmány [33] szerint, ablakbeépítések esetében, a pontszerű rögzítések, például konzolok hatását hasonlították össze 2D és 3D szimulációkkal, és arra a következtetésre jutottak, hogy pontszerű rögzítések esetén 3D numerikus szimulációkat kell alkalmazni. A leesésvédelmi rendszerek rögzítése is pontszerű, ezért 3D numerikus szimulációval történt a rögzítő rendszerek pontszerű hőátbocsátásának számítása.

Jelen tanulmányban a Comsol Multiphysics 6.0 szoftvert használtam a 3D állandósult állapotú hőáram egyenleteinek a megoldására a pontszerű hőátbocsátási tényező meghatározásához, figyelembe véve a pontszerű hőhidak hatását. A számítási módszertana MSZ EN ISO 10211:2017 szabványban [35] leírtaknak felel meg. A szabvány továbbá előírja a határfeltételeket és a szilárd testek szükséges pontosságát. A programban a tanulmány fizikájának a hővezetés szilárd testekben állandósult állapotban került kiválasztásra, mivel nem megy át nedvesség a rétegeken, mert többségében fém vértetű szendvicspaneleket vizsgáltam és csatlakozásoknál megfelelően tömítve vannak. A szoftver a modellezés során a matematikai egyenleteket végeselemes módszerrel oldja meg. A szoftver a fizika beállításánál megmutatja, hogy milyen egyenleteket fog felhasználni és hogy milyen tartományon teszi ezt meg. Az állandósult állapotú hővezetés parciális differenciálegyenlete a következő:

$$\nabla q = \nabla (\lambda_{\text{eff}} \times \nabla T) = 0 \quad (1)$$

ahol:

- ∇ : differenciál operátor, parciálisan differenciál x, y, z irányba
- λ_{eff} : hőmérséklettől és a nedvességtől függő effektív hővezetési tényező [W/mk]
- T : hőmérséklet [°C]

A hőáramnak kétfajta peremfeltételt kellett beállítani. Egy külsőt és egy belsőt.

A külső peremfeltételnél alkalmazott egyenlet a következők:

$$-n \times q = h \times (T_{\text{ext}} - T) \quad (2)$$

ahol:

- $-n \times q$: felületre normális befelé mutató hőáramsűrűség
- h : hőátadási tényező [W/m²K],
értékének meghatározása: $h = \frac{1}{R_{\text{se}}} = \frac{1}{0,04} = 25$ [W/m²K], R_{se} értékét az MSZ EN ISO 6946 szabvány [36] tartalmazza
- T_{ext} : külső hőmérséklet [K], $T_{\text{ext}} = -5$ °C az MSZ EN ISO 24140 szabványból [37] vett érték

- T: felület hőmérséklete [K]

A belső peremfeltételnél alkalmazott egyenlet a következők:

$$-n \times q = h \times (T_{int} - T) \quad (3)$$

ahol:

- $-n \times q$: felületre normális befele mutató hőáramsűrűség
- h: hőátadási tényező [W/m²K],
értékének meghatározása: $h = \frac{1}{R_{si}} = \frac{1}{0,10} = 10$ [W/m²K], R_{si} értékét az MSZ EN ISO 6946 szabvány [36] tartalmazza
- T_{int} : belső hőmérséklet [K], $T_{int} = 20$ °C az MSZ EN ISO 24140 szabványból [37] vett érték
- T: felület hőmérséklete [K]

4.4. Eredmények feldolgozása

4.4.1. Lekérdezések

Kétféle felületi szonda került beállításra a belső oldalakra. Az egyik a belső oldali minimum felületi hőmérséklet, a másik a felület integrált hőáram.

A belső oldali minimum felületi hőmérsékletből tudjuk számolni a saját léptékben mért felületi hőmérsékletet, ami megmutatja az állagvédelmi megfelelőséget.

A felület integrált hőáram mutatja meg a befelé irányuló hőáram segítségével, hogy mennyi hőáram megy át ezen a belső felületen.

Azért volt elég csak a belső oldalra beállítani a lekérdezéseket, mert állandósult állapotban a termodinamikát betartjuk, szóval ami bemegy, annak ki is kell jönnie. A termodinamika első törvénye az energiamegmaradás törvénye. Az energiamegmaradás elvét betartva egy zárt rendszerben nem születhet semmi plusz energia. [38] Ezekből az következik, hogy a külső oldalra is készítettem volna lekérdezéseket, akkor ugyan azokat az eredményeket kapnám csak más előjellel.

4.4.2. Pontbeli hőátbocsátási tényező

Pontbeli hőátbocsátási tényezővel definiálható a pontszerű hőhidak alakulása. A 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet [20] és a MSZ EN ISO 6946:2007 [36] szabvány szerint egy fal U értékének vizsgálatakor, a mechanikus rögzítések hatását a következő egyenlet alapján kell figyelembe venni.

$$U \left[\frac{W}{m^2 K} \right] = \frac{1}{R_{se} + \sum_i \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{si}} + \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_r + \sum_k n_k \times \chi_k \quad (4)$$

ahol:

- R_{se} : külső oldali ellenállás [$m^2 K/W$]
- R_{si} : belső oldali ellenállás [$m^2 K/W$]
- d_i : i-dik réteg vastagsága [m]
- λ_i : i-dik réteg hővezetési tényezője [W/mK]
- ΔU_f : korrekciós tényező (mechanikus kötőelemek korrekciós tényezője) [$W/m^2 K$]
- ΔU_g : korrekciós tényező (hézagok korrekciós tényezője) [$W/m^2 K$]
- ΔU_r : korrekciós tényező (fordított rétegrendű lapostetők korrekciós tényezője) [$W/m^2 K$]
- n_k : hőhidak hatását figyelembe vevő tényező (pontszerű hőhidak száma) [$1/m^2$]
- χ_k : hőhidak hatását figyelembe vevő tényező (pontszerű hőátbocsátási tényező) [W/K]

Ebben a kutatásban megvizsgáltam a különböző rögzítő elemek hőhatását a 3.1. pontban említett tetőkialakításokra. Foglalkozni kell a mechanikus rögzítőelemek korrekciós tényezőjével. Ez azért fontos, mert az MSZ EN ISO 6946:2017 szabvány F melléklete [36] csak egy egyszerűsített számítást ad a mechanikus kötőelemek korrekciós tényezőjére (ΔU_f) a henger alakú mechanikus kötőelemek esetében, amikor azok rögzítik a hőszigetelést, és nem foglalkozik a rögzítő elemek által okozott pontszerű hőhidakkal vagy az egyéb konzolokkal, amelyek eltérő geometriával rendelkeznek.

Ha a pontszerű hőhidakat figyelembe akarjuk venni az átviteli veszteségeknél, akkor egyszerűsített számítási módszer nem alkalmazható, hanem a korábban bemutatott numerikus modellezést kell alkalmaznunk. A pontszerű hőhidak viselkedése leírható a χ (W/K) pontszerű hőátbocsátási tényezővel, amely ebben az esetben azt mutatja meg, hogy mekkora többlet hőáramlást (W) okoz egy darab rögzítőelem egy egységnyi hőmérsékletkülönbség ($1/K$) következtében.

A számítás a numerikus szimuláció során a teljes 3D elemre számított hőáramlások és a pontbeli hőhidak figyelmen kívül hagyásával kapott hőáramok közötti különbségen alapul.

$$\chi = L_{3D} - \sum_{i=1}^{N_i} U_i \times A_i \quad (5)$$

ahol:

- L_{3D} : 3D-s pontszerű hőhidak figyelembevételével a végeselemes szimulációval számolt hőátbocsátási tényező [W/m^2K]
- U_i : 3D-s pontszerű hőhidak elhanyagolásával számolt hőátbocsátási tényező [W/m^2K]
- A_i : területe a vizsgált elemrésznek [m^2]
- χ : pontbeli hőátbocsátási tényező [W/K]

A hőátbocsátási tényezővel tudjuk figyelembe venni a rögzítőelemek okozta hőveszteségeket. A ΔU korrekciós tényezővel számolható a rögzítőelemek hőtechnikai hatása, mivel többször előfordulnak a tetőfelületen. Ehhez viszont elengedhetetlen megadni, hogy hány db rögzítőelem szúrja át az $1 m^2$ -es vizsgált felület rétegeit.

$$\Delta U = \chi * n \quad (6)$$

ahol:

- n : rögzítőelem száma [db/m^2]

Az egyszerűsítés érdekében a modellezés során $1 m^2$ tetőfelületet vizsgáltam, amelyen egyetlen rögzítőtalp került elhelyezésre. Ilyenkor a korrigálatlan hőátbocsátási tényező (U) és a végeselemes programban számolt (korrekciókat is tartalmazó) pontbeli hőátbocsátási tényező (L_{3D}) megegyezik. A pontbeli hőátbocsátási tényező (χ) a két érték kivonásából kapható meg. Az átszúrt tetőkialakítás L_{3D} értékéből vonom ki a sértetlen tetőkialakítás U értékét.

$$\Delta U = L_{3D} - U = \chi \times 1/m^2 \quad (7)$$

5. Eredmények

Az eredményeimet két szempont alapján vizsgáltam. Állagvédelmi és épületenergetikai szempontból.

5.1. Állagvédelem

A többdimenziós hőáramokat megjelenítő vonalmenti és pontbeli hőhidak állagvédelmi szempontból jelentősége van és fontos a belső felületek állagvédelmi ellenőrzése. Azért is fontos az ellenőrzés, mert a belső páralecsapódás megengedhetetlen. A lehetséges állagkárosodások közé tartozik a felületi kondenzáció, ahol a felülettel érintkező rétegben a relatív nedvességtartalom eléri a 100 %-ot, akkor következik be és a kapilláris kondenzáció,

ahol a felülettel érintkező rétegben a relatív nedvességtartalom eléri a 75 %-ot, akkor következik be. [39]

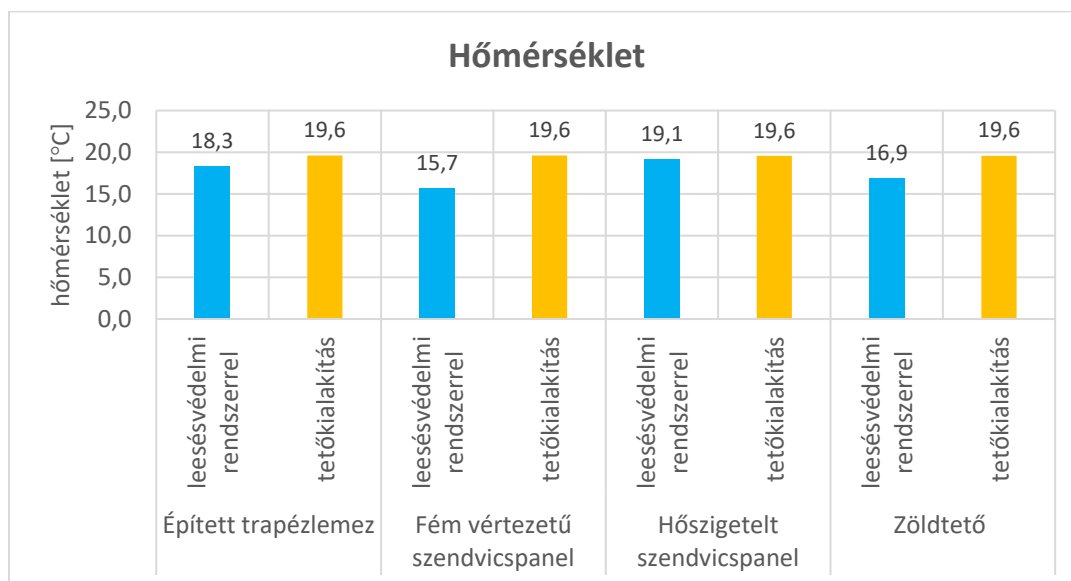
Az állagvédelemmel kapcsolatos eredményeimet a következő táblázat tartalmazza:

	Épített trapézlemez		Fém vértezetű szendvicspanel		Hőszigetelt szendvicspanel		Zöldtető	
	leesésvédelmi rendszerrel	tetőkialakítás	leesésvédelmi rendszerrel	tetőkialakítás	leesésvédelmi rendszerrel	tetőkialakítás	leesésvédelmi rendszerrel	tetőkialakítás
Hőmérséklet [°C]	18,3	19,61	15,7	19,62	19,11	19,57	16,88	19,58
Saját léptékben mért felületi hőmérséklet (f_{rsi})	0,9321	0,9845	0,8279	0,9848	0,9642	0,9827	0,8752	0,9832
	Megfelel!	Megfelel!	Megfelel!	Megfelel!	Megfelel!	Megfelel!	Megfelel!	Megfelel!
Relatív páratartalom	90%	97,5%	76%	97,5%	94%	97%	82%	97%

6.táblázat Állagvédelmi szempontból releváns eredmények

A Comsol Multipysics 6.0 programban külön elkészítettem a leesésvédelmi rendszer nélküli tetőrétegrendet. Ebből a kialakításból származó eredmények láthatók a tetőkialakítás oszlopokban. Ezeknek a modelleknek is 1 m² a területe és ugyan azokból az anyagokból épülnek fel a megfelelő összehasonlíthatóság érdekében.

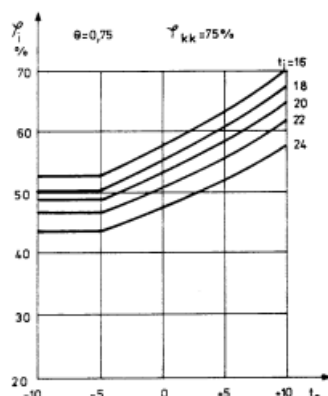
A hőmérséklet sorban látható, hogy a leesésvédelmi rendszerrel beépített kialakításoknál a felszíni hőmérséklet csökken. Belső hőmérséklet 20 °C-nak volt feltételezve. Ez a változás annak tudható be, hogy az átszűrt, megsértett rétegeknél könnyebben áramlik ki a hő, mivel a meleg levegő felfelé száll és ez okozza a csökkenést. A következő oszlopdiagramm is ezt mutatja be.



28.ábra Hőmérséklet változás

Ezzel összefüggésben lettek megállapítva a relatív páratartalmak. Ha azt feltételezzük, hogy a hőmérséklet sorban található értékek a harmatponti hőmérsékletek, akkor az utolsó sor mutatja meg, hogy hány százalékos páratartalomnak kellene lennie hozzá a belső térben. A környezeti hőmérséklet minden esetben 20 °C volt. A harmatponti hőmérséklet azt mutatja meg, hogy milyen mértékben kell lehűlnie egy adott légtérben levő felszínnek ahhoz, hogy azon vízcseppek váljanak ki. Ez a környezet relatív páratartalmától és annak környezetétől függ. [40] Általánosságban az elfogadott irányelv, amit teszteléseknél is alkalmaznak, hogy 20 °C környezeti hőmérsékletnél és 65% relatív páratartalomnál a harmatponti hőmérséklet 13,2 °C. Ezt kell figyelembe venni és betartani, akkor állagvédelmileg megfelelő lesz a szerkezet. Ebből arra lehet következtetni, hogy a táblázatban látott értékek jóval meghaladják a 65% relatív páratartalmat, szóval nem kell számítani páralecsapódásra és gombásodásra.

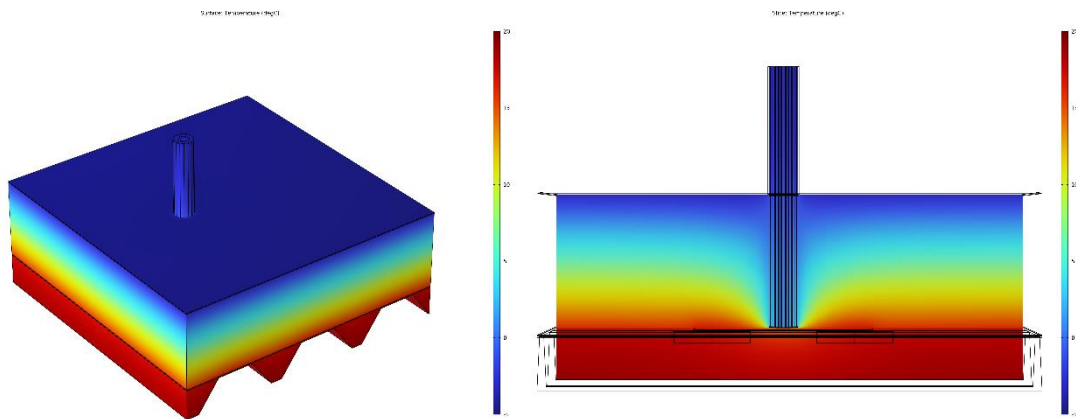
Állagvédelmileg még releváns volt vizsgálni a saját léptékben mért felületi hőmérsékletet. Az MSZ EN ISO 24140:2015 szabvány [37] tárgyalja, hogy a rendeltetés szerű használatához, milyen értékeket kell betartani. Az alábbi ábra ezt mutatja be.



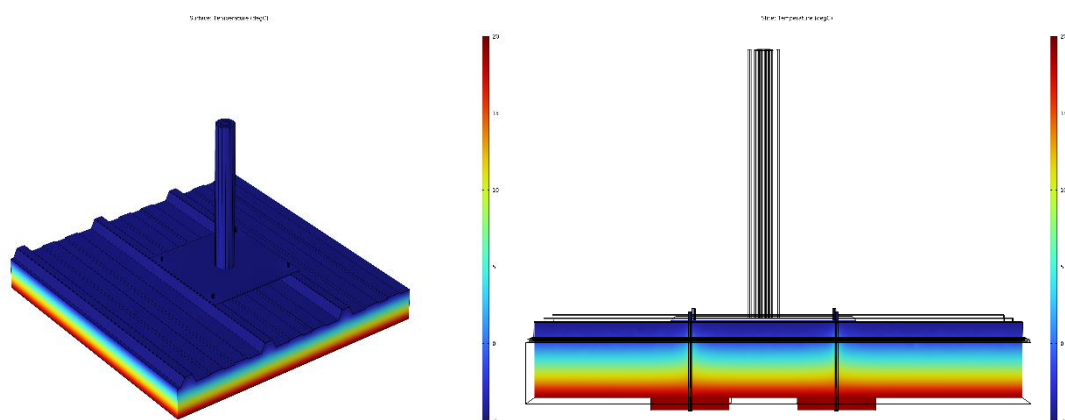
29.ábra A helyiség levegőjének megengedhető nedvességtartalma a külső és a belső léghőmérséklet függvényében adott belső felületi hőmérséklet esetén [17]

A szabványba foglaltak alapján, ha a saját léptékben mért felületi hőmérsékletet, nagyobb 0,75-nél akkor a rendeltetés szerű használatnak és üzemeltetésnek megfelel a légállapot. Esetemben minden egyes kialakításra magasabb értéket kaptam ezért, megfelelnek.

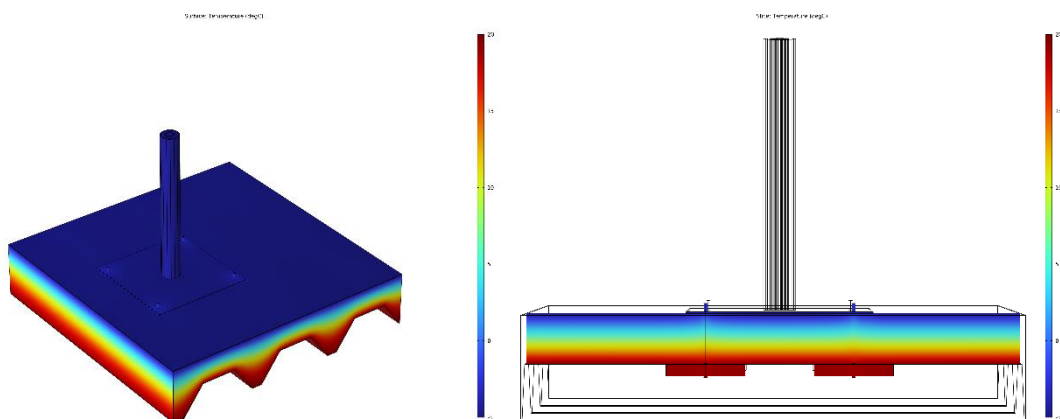
Következőkben a hőmérséklet eloszlás ábrákat mutatom be, amelyeket a Comsol Multipysics 6.0 szoftverben generálódtak. Ezeken az ábrákon keresztül derül fény az állagvédelmileg kritikus pontokra.



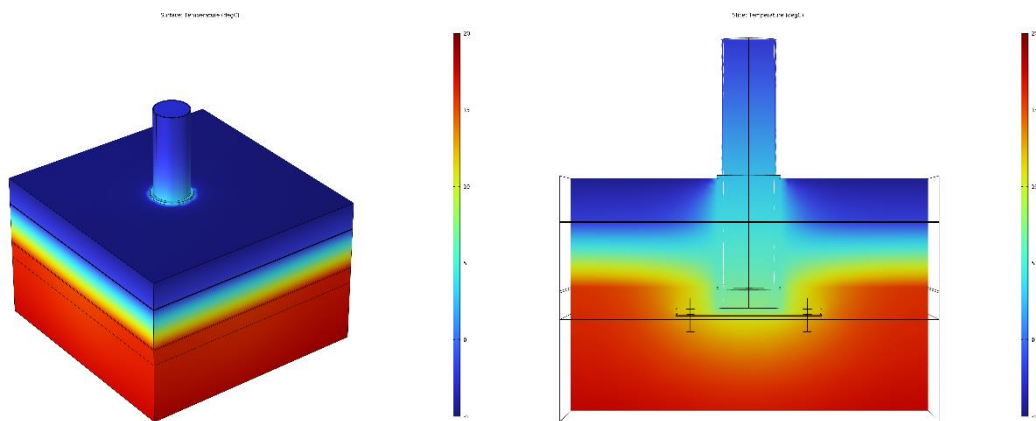
30.ábra Épített trapézlemez kialakítás



31.ábra Fém vértetű szendvicspaneles kialakítás



32.ábra Hőszigetelt szendvicspaneles kialakítás



33.ábra Egyenes rétegrendű zöldtetős kialakítás

Ahogy látható az ábrákon a mechanikai rögzítések és konzolok mentén a rétegeken belül hidegebb a belső felület. Ezeken a helyeken keletkezhetne páralecsapódás.

Kijelenthető, hogy állagvédelmi szempontból az összes tetőkialakítás megfelel és jól is teljesítenek.

5.1. Épületenergetika

A megközelítés ma már inkább az energiatakarékosságra és a komfortérzet javítására összpontosít, mint pusztán gazdasági megfontolásokra. Ez a változás a fokozott környezettudatosságnak köszönhető. Az építkezéseknek és felújításoknak már a kezdetektől fogva figyelembe kell venniük az energiatakarékosságot és a környezettudatosságot. Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásának három követelményszintje van. Ezek a következők:

- épületek összesített energetikai jellemzői
- épületek fajlagos hőveszteség tényezője
- határoló szerkezetek hőátbocsátási tényezője [41]

Hőtechnikai folyamatok csoportjai a testek hőmérséklet-különbségének kiegyenlítésére irányuló fizikai folyamatokból adódnak. A cél minden esetben a megfelelő szerkezetek kialakítása. [42] A hőtechnikához kapcsolódó számítási eredmények a következő táblázatban található.

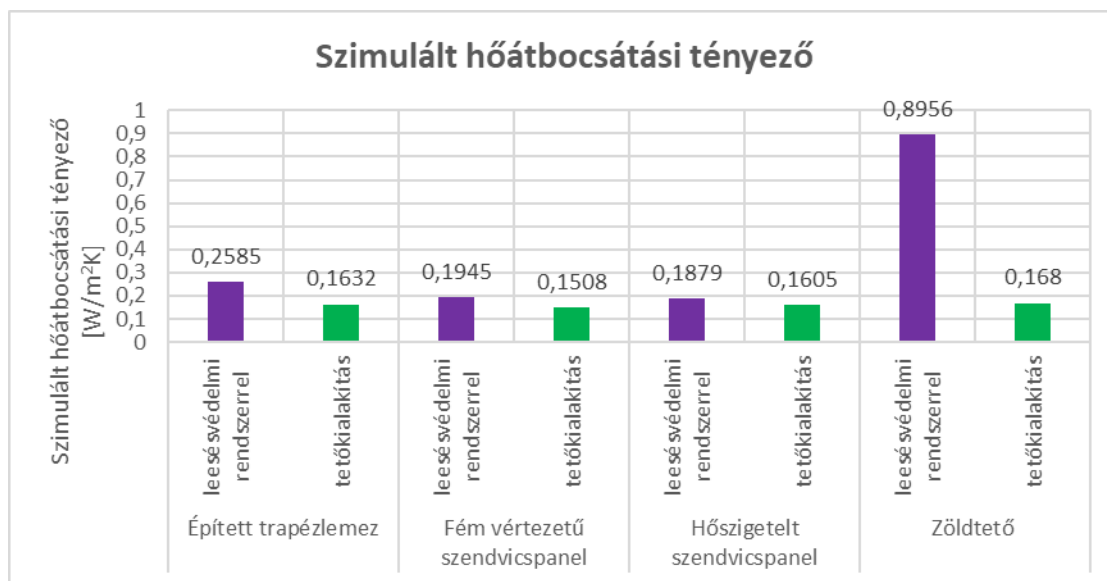
	Épített trapézlemez		Fém vértetű szendvicspanel		Hőszigetelt szendvicspanel		Zöldtető	
	leesésvédelmi rendszerrel	tetőkialakítás	leesésvédelmi rendszerrel	tetőkialakítás	leesésvédelmi rendszerrel	tetőkialakítás	leesésvédelmi rendszerrel	tetőkialakítás
Befelé irányuló hőáram [W]	6,463	4,08	4,862	3,77	4,698	4,012	22,391	4,2
Pontbeli hőhidakkal szimulált hőátbocsátási tényező (L3D) [W/m ² K]	0,2585	0,1632	0,1945	0,1508	0,1879	0,1605	0,8956	0,168
Szimulált hőátbocsátási tényező (U) [W/m ² K]	0,2585	0,1632	0,1945	0,1508	0,1879	0,1605	0,8956	0,168
	Nem felel meg!	Megfelel!	Nem felel meg!	Megfelel!	Nem felel meg!	Megfelel!	Nem felel meg!	Megfelel!
Pontbeli hőátbocsátási tényező (χ) [W/K]	0,0953		0,04368		0,02744		0,7276	

7.táblázat Hőtechnikai szempontból releváns eredmények

A Comsol Multipysics 6.0 programban külön elkészítettem a leesésvédelmi rendszer nélküli tetőrétegrendet. Ebből a kialakításból származó eredmények láthatók a tetőkialakítás oszlopokban. Ezeknek a modelleknek is 1 m² a területe és ugyan azokból az anyagokból épülnek fel a megfelelő összehasonlíthatóság érdekében.

A befelé irányuló hőáram értékeket a szoftverből nyertem ki. A hőáram alatt azt értjük, hogy valamely hővezető anyagban, adott keresztmetszeténél a hőmennyiség rövid időegységre eső megváltozása. Ha ezt az áramlás keresztmetszetére vonatkoztatjuk, a hőáram-sűrűséget kapjuk. [43] A befelé irányuló hőáram tehát megmutatja, hogy mennyi hőáram megy át a belső felületeken. Minél kisebb az értékem annál jobb, mert akkor a hőhíd mértéke is kisebb. Kimagaslóan magas értéket ér el a leesésvédelmi rendszerrel beépített zöldtető, aminek 22,4 W az értéke. Ez azt jelenti, hogy itt a beépített konzol felületén megy át a legtöbb hőáram. A befelé irányuló hőáramsűrűségből lehet számítani a szimulált hőátbocsátási tényezőt és a pontbeli hőhidakkal szimulált hőátbocsátási tényezőt.

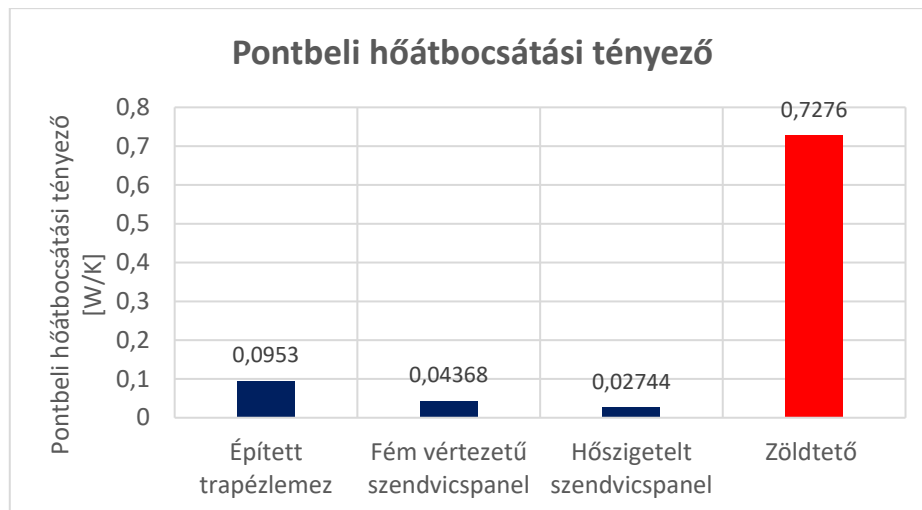
Pontbeli hőhidakkal szimulált hőátbocsátási tényezők és a szimulált hőátbocsátási tényezők értékei megegyeznek, mert a kutatásban 1 m²-es felülettel modelleztem és számoltam. A szimulált hőátbocsátási tényezők a kiválasztott tetőrétegrendeknél megfelelnek a rájuk vonatkozó U=0,17 W/m²K értéknek. [31] Amikor már beépítésre kerülnek a leesésvédelmi rendszerek romlás látható, megnövekednek az értékek és nem felelnek meg a megszabott feltételnek. Az a kedvező számunkra, ha minél kisebb az U értéke, mert az azt jelenti, hogy kevesebb energiát veszítünk el. Nagy értékeknél a meleg oldal hővesztesége nagyobb és ez által annál több energia áramlik át a tetőn.



34.ábra Szimulált hőátbocsátási tényező diagram

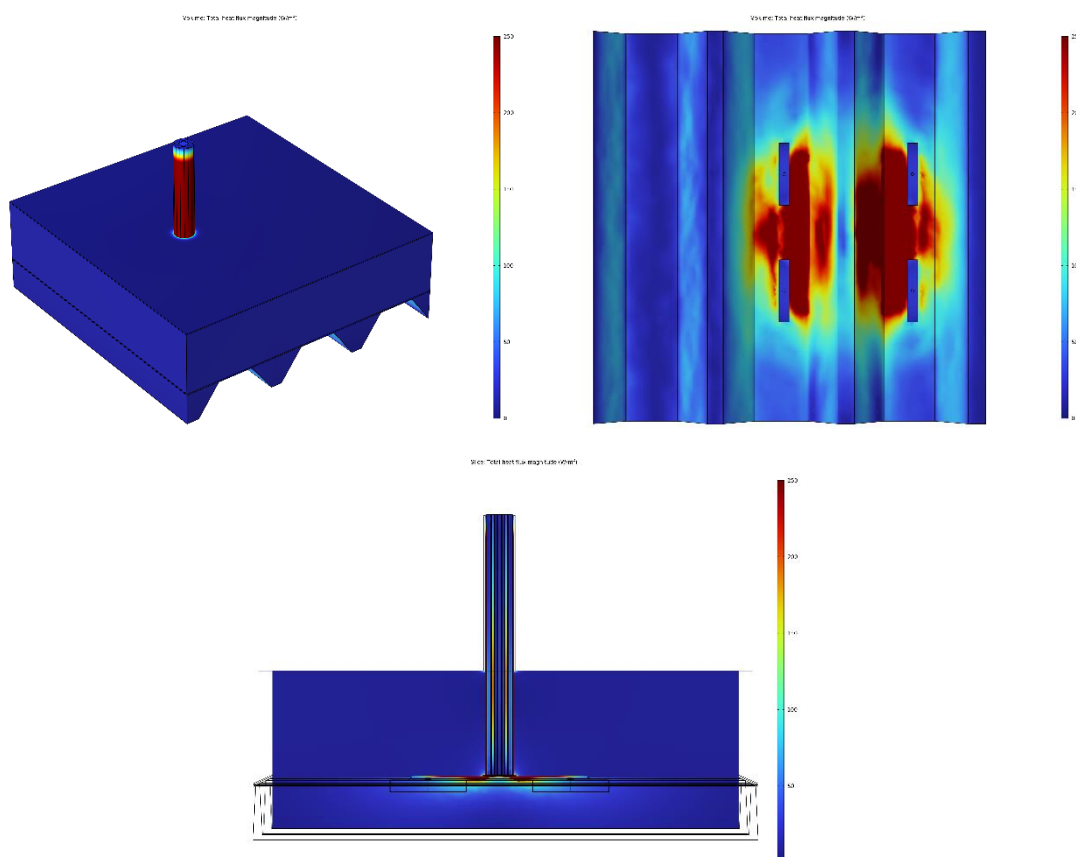
A legnagyobb U értéket a zöldtető produkálja, aminek az értéke $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ez annak tudható be, hogy a vasbeton födém hőszigetelő képessége nem a legjobb, a megválasztott hőszigetelés hőátbocsátási tényezője nem a legkedvezőbb és az itt beépített konzol átmérője a legnagyobb, ami $7,6 \text{ cm}$. Az U értékét úgy lehet javítani, hogy jobb minőségű, kisebb hőátbocsátási tényezőjű hőszigetelést alkalmazunk és ezzel is gazdaságosabbá tehetjük az energiafelhasználást. A zöldtető esetében át kell gondolni a beépítés módját és csak a legindokoltabb esetben választani a modellezett beépítési módot.

A pontbeli hőátbocsátási tényezők jelen esetben megmutatják, hogy a sértetlen tetőszerkezethez képest mekkora lett a többlet hőveszteség nagysága a beépített tetőkön. Ez százalékos értékben annyit tesz, hogy ha 1 db mechanikai rögzítés és/vagy konzol lenne elhelyezve a tetőn négyzetméterenként akkor az épített trapézlemez esetén 58% -kal, a fém vértzetű szendvicspanel esetén 29% -kal, a hőszigetelt szendvicspanel esetén 17% -kal és a zöldtető esetén 433% -kal növekedne a hőveszteség nagysága. Ez jelentős romlás és számottevő energiaveszteséget jelentene. Szerencsére a való életben nincsen ilyen sűrűn beépítve a tető. Alább diagram formájában is láthatók az eredmények.

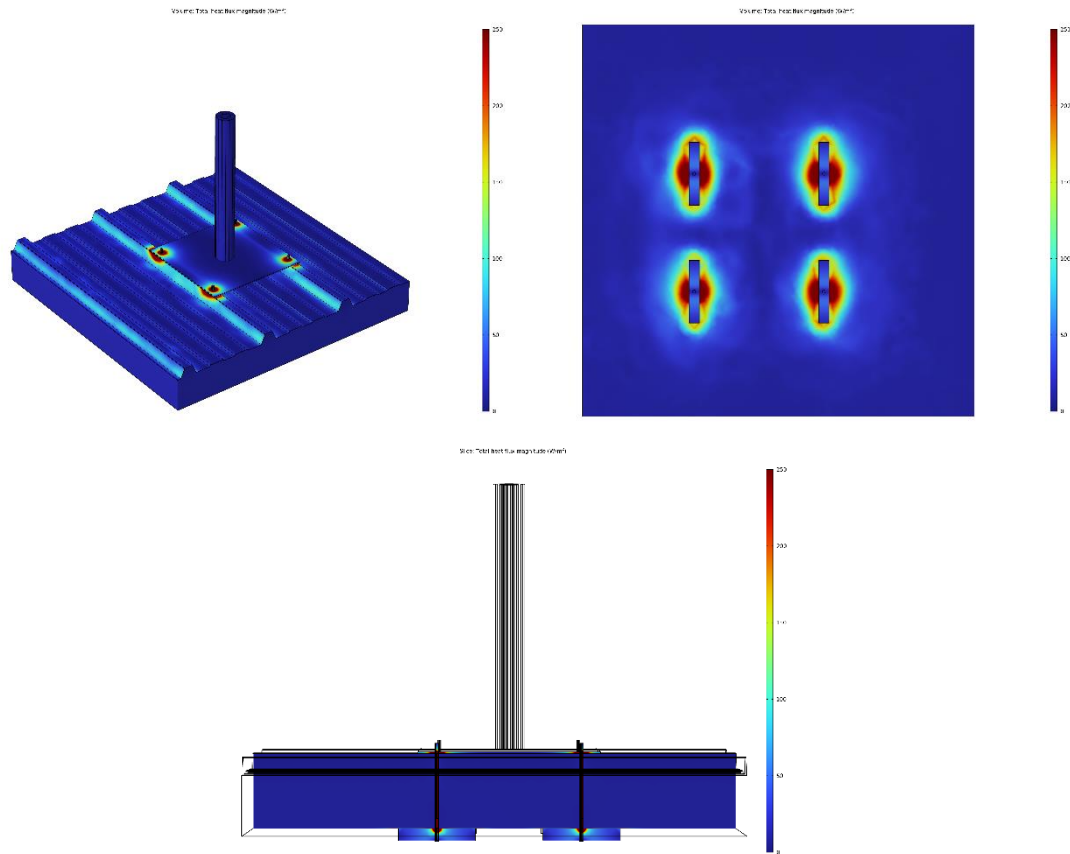


35.ábra Pontbeli hőátbocsátási tényező diagram

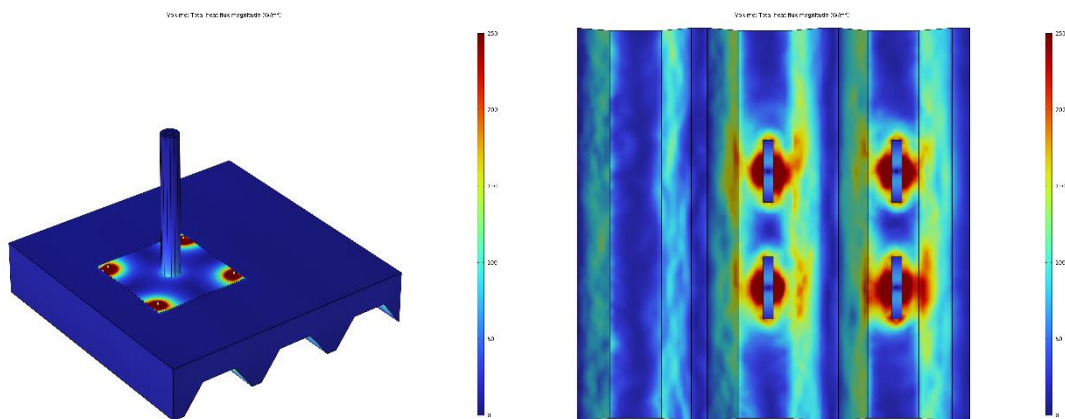
Következőkben a szimulációból kinyert hőáram sűrűség ábrákat mutatom be, amiken jól láthatók, hogy hol hőhidas a szerkezet.

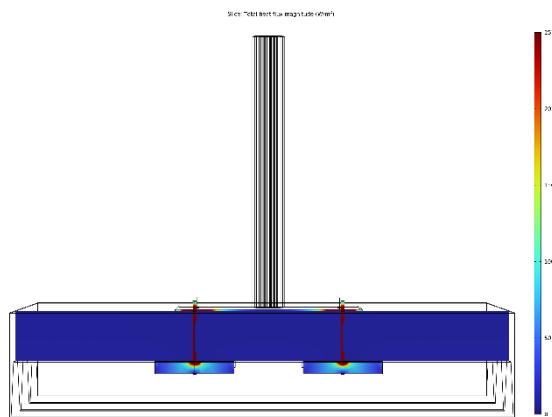


36.ábra Épített trapézlemez hőáram sűrűség

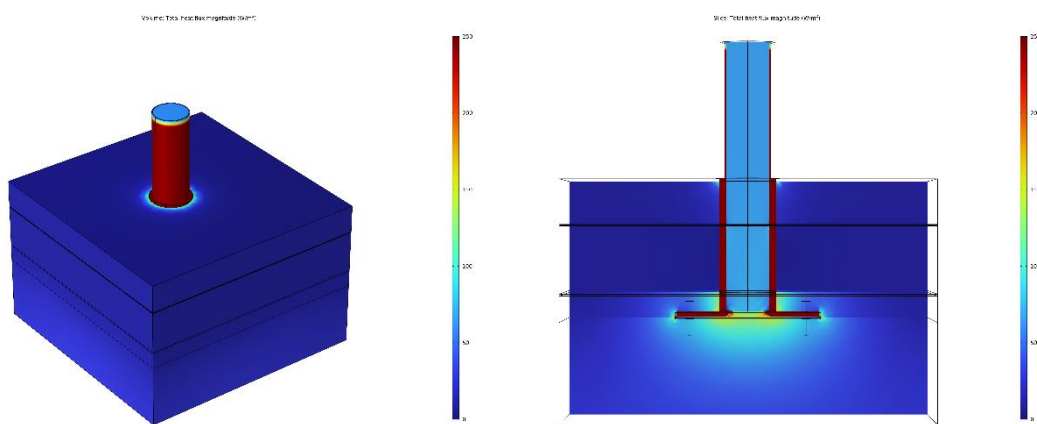


37.ábra Fém vértetű szendvicspanel hőáram sűrűség





38.ábra Hőszigetelt szendvicspanel hőáram sűrűség



39.ábra Egyenes rétegrendű zöldsztető hőáram sűrűség

A képeken megfigyelhető, hogy a hőáram sűrűség a konzolok és a mechanikai rögzítések mentén a legnagyobb, ami azt jelenti, hogy ezeken a helyeken az átszűrődés mentén száll el a hő a szerkezetből. Itt keletkeznek a hőhidak. Ha a hőszigetelésnek minél jobb a tulajdonságai és a beépített szerkezeti elemek átmérője kisebb lenne, akkor annál kisebb is lenne az átszűrődés hatása a tetőkialakításokra.

6. Összegzés

Ma Magyarországon egyre jobban terjednek el a leesésvédelmi rendszerek felhasználása és beépítése. Egyrészt, mert már jogszabályok is megkövetelik a meglétüket, másrészt, mert az épületeken végzett utólagos munkálatoknál biztosítják a biztonságos munkavégzés lehetőségét.

A dolgozatom egyik célja az volt, hogy megismertessem ezeknek a rendszereknek a létjogosultságát a másik, hogy megmutassam a pontbeli hőhidakra gyakorolt hatásukat.

A számításaim során gyakran alkalmazott tetőkialakítások vettem alapul, hogy átfogóbb képet lehessen alkotni és a kapott értékeket akár irányelvként lehessen alkalmazni. Állagvédelmileg megfelelőek voltak a modellezett kialakítások, de a pontbeli hőátbocsátási tényezővel számolni kell a tetőszerkezetek energetikai számításai során, mivel a leesésvédelmi rendszerek energetikai hatása nem elhanyagolható. A kapott eredményekből látszik, hogy van hatásuk a szerkezetre és érdemes velük kalkulálni az épület tervezésekor. Főként, ha zöldtetőt kíván tervezni az ember, mert a legkritikusabb értékeket ennél a tetőkialakításnál kaptam. Fontos kiemelni, hogy a kutatásban megkapott értékek 1 m^2 felületen levő beépített leesésvédelmi rendszerekre értetendők. A valóságban nem fordulnak elő ilyen gyakorisággal ezek a rendszerek a tetőn. Gyártói előírások szerint a tartók kiosztása 8-12 m között lehetséges. Ez persze függ a tető kialakításától és a helyszíni adottságoktól. A realitással élve, ha lehetőség van rá 12 méterenként szokták elhelyezni a tartókat költséghatékonysági okokból. Ennek milyen hatása van a tetőre az további vizsgálat tárgyát képezni.

Továbbiakban ezt a kérdést fogom a szakdolgozatomban kutatni, amiben egy adott ipari csarnoktető szerkezetére megtervezek egy leesésvédelmi rendszert és kiszámolom, hogy az egész tetőre nézve milyen hőátbocsátási értéket kapok és ez milyen hatással lesz a tetőszerkezetre épületenergetikai szempontból.

7. Melléklet

7.1. 1. számú melléklet

Jogsabályi háttér

Zuhanásgátlók létjogosultságát támasztják alá a következő jogszabályi részletek.

- 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről (OTÉK) Építmények létesítési előírása IV. fejezet

50. § (5) Az építményt és annak részét, szerkezetét, beépített berendezését és vezetékhálóját úgy kell tervezni és megvalósítani, hogy azok karbantartás, korszerűsítés, esetleges csere céljából – a csatlakozó szerkezetek állékonyságának veszélyeztetése nélkül – hozzáférhető legyenek, valamint azok a magyar nemzeti szabványok által megkövetelt biztonsággal

a) feleljenek meg a tervezett vagy becsült élettartamuk alatt – a rendeltetési céljuknak megfelelő biztonsággal – az állékonyság és a mechanikai szilárdság, valamint a rendeltetésszerű és biztonságos használat követelményeinek,

b) nyújtsanak védelmet a várható hatások okozta ártalmak ellen az építmény rendeltetésszerű használata során, és

c) feleljenek meg és álljanak ellen a várható mértékű terheléseknek, hatásoknak.

53. § (2) Az építmények megvalósítása és rendeltetésszerű használata során biztosítani kell f) a tisztíthatóság és a karbantarthatóság lehetőségét.

60.§ (3) A tetőre való kijutás vagy feljutás és karbantartás lehetőségét biztosítani kell.

- 1993. évi XCIII törvény a munkavédelemről- A munkavédelemről, egységes szerkezetben a végrehajtásról szóló 5/1993. (XII. 26.) MÜM rendelettel:

27. § A munkahelyen gondoskodni kell az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzéshez szükséges mozgástérrel.

28. § (1) Az olyan munkahelyen, ahol be- vagy leesési veszély van, vagy a munkavállalót és a munkavégzés hatókörében tartózkodókat leeső tárgyak veszélyeztetik, elkerítéssel, lefedéssel, vagy más alkalmas módon kell a védelemről gondoskodni.

(2) A munkahelyen alkalmazott munkaállás (állvány, pódium, kezelőjárda) kialakítása, elhelyezése, rögzítése feleljen meg a munkavégzés jellegének, a várható igénybevételnek, tegye lehetővé a biztonságos munkavégzést, a szükséges anyagok és eszközök tárolását, a biztonságos közlekedést, fel- és lejutást.

87. § 5. Munkahely: minden olyan szabad vagy zárt tér (ideértve a föld alatti létesítményt, a járművet is), ahol munkavégzés céljából vagy azzal összefüggésben munkavállalók tartózkodnak. Munkahelynek kell tekinteni a mást nem foglalkoztató, a munkáját kizárólag személyesen végző egyéni vállalkozó (akkor is, ha egyéni céget alapított) munkavégzési helyét e törvénynek a 9. § (2) bekezdésében meghatározott rendelkezései tekintetében.

Értelmező rendelkezések 87. § 13. Veszélyforrás: a munkavégzés során vagy azzal összefüggésben jelentkező minden olyan tényező, amely a munkát végző vagy a munkavégzés hatókörében tartózkodó személyre veszélyt vagy ártalmat jelenthet.

Veszélyforrás lehet különösen:

- a fizikai veszélyforrás, ezen belül a
 - munkaeszközök, járművek, szállító-, anyagmozgató eszközök, ezek részei, illetve mozgásuk, termékek és anyagok mozgása,
 - szerkezetek egyensúlyának megbomlása,
 - csúszós felületek,
 - éles, sorjás, egyenetlen felületek, szélek és sarkok,
 - tárgyak hőmérséklete,
 - a munkahelynek a föld (padló) szintjéhez viszonyított elhelyezése,
 - **szintkülönbség,**
 -
- 4/2002. (II. 20.) SzCsM-EüM együttes rendelet az építési munkahelyeken és az építési folyamatok során megvalósítandó minimális munkavédelmi követelményekről az építési munkahelyeken és az építési folyamatok során megvalósítandó minimális munkavédelmi követelményekről. 4. számú melléklet, I. fejezet, 19.2 pont: Amennyiben az ezen melléklet III. fejezetének 5. pontjában meghatározott leesés elleni védelmet nem lehet kielégítően biztosítani (állvány, emelőgép, védőkorlát, háló), akkor a munkavállaló a munkát csak munkaöv, biztonsági hevederzet, illetve zuhanásgátló használatával végezheti. Ilyen esetben előzetesen ki kell alakítani vagy jelölni azokat a teherhordó szerkezeteket, ahová a munkavállaló a védőeszközt megfelelő biztonsággal rögzíteni tudja.
 - 4/2002. (II.20) SzCsM-EüM együttes rendelet- Az építési munkahelyeken és az építési folyamatok során megvalósítandó minimális munkavédelmi követelményekről

4 számú mellékletének III., építési munkahelyek helyiségeken kívüli bekezdésének 5. magasból leesés alpontja. A rendelet értelmében leesés elleni védelmet kell biztosítani, ha:

- munkavégzés helyének magassága meghaladja a 2,00 méter szintkülönbséget födémek, tetők, mennyezetek, felülvilágítók, aknák megnyitásakor vagy építésekor.
- 2,00 méter szintkülönbséget meghaladó tetőn végzendő munkáknál és a hozzá vezető utakon
- lapos és alacsony hajlású (20° alatti) tetők esetében, amennyiben a munkavégzés helyszíne a szintkülönbség szélétől 2,00 méternél közelebb van.

5.2. Magasban munkát csak megfelelő és alkalmas berendezéssel, illetve kollektív műszaki védelem biztosításával (pl. emelő-plató, védőháló, védőrács, mobil szerelőállvány) szabad végezni.

Amennyiben a munka természete miatt ilyen berendezések alkalmazása nem lehetséges, megfelelő hozzáférési megoldásról kell gondoskodni, és a munkát végző részére a magasból való lezuhanás megelőzésére kialakított egyéni védőeszközt kell biztosítani.

5.3. A munkavállalók lezuhanása és a felhasznált anyagok leesése ellen elsődlegesen biztonságot nyújtó berendezésekkel kell a védelmet kialakítani. Amennyiben erre nincs mód, akkor egyéni védőeszközt kell alkalmazni.

5.4. A leesés elleni védelem méretezett és megfelelően rögzített lefedéssel, vagy 1 méter magas, háromsoros, 0,3 m-nél nem nagyobb osztásközű, lábdeszkával, középdeszkával, valamint korláttal, illetve ezekkel egyenértékű védelmet nyújtó megoldással biztosítható. Védőháló, illetve védőrács alkalmazása esetén annak lyukmérete a 10 cm x 10 cm-t nem haladhatja meg.

A rendszerek kötelező felülvizsgálatáról szóló jogszabály.

- 1993. XCIII. munkavédelmi törvény

Mvt.23. § (1) A biztonságos műszaki állapot megőrzése érdekében időszakos biztonsági felülvizsgálat alá kell vonni a veszélyes technológiát és a 21. § (2) bekezdésében meghatározott veszélyes munkaeszközt, továbbá azt a munkaeszközt, amelynek időszakos biztonsági felülvizsgálatát jogszabály, szabvány, vagy a rendeltetésszerű és biztonságos üzemeltetésre, használatra vonatkozó dokumentáció előírja. Az időszakos biztonsági felülvizsgálatot – kivéve a veszélyes technológia esetét – szakirányú képzettséggel és munkavédelmi szakképzettséggel

rendelkező személy (munkabiztonsági szaktevékenység) vagy külön jogszabályban erre feljogosított személy, illetve erre akkreditált intézmény végezheti. A veszélyes technológia vizsgálatát szakirányú munkabiztonsági szakértői engedéllyel rendelkező személy végezheti.

További hasznos jogszabályok a témához kapcsolódóan.

- 11/2003. (IX. 12.) FMM rendelet – Az ipari alpin technikai tevékenység biztonsági szabályzatáról
- 18/2008. (XII. 3.) SZMM rendelet – Az egyéni védőeszközök követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról
- 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet – A munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről

Kapcsolódó szabványok:

A leesésvédelmi rendszerekhez:

- MSZ EN 795:2012 Kikötési pontokra és zuhanásgátló rendszerekre vonatkozó európai szabvány.

A jelölésű a fix kikötési pontokra,

B jelölésű az ideiglenesen telepíthető eszközökre (pl. grillon futóstandként)

C jelű a hajlékony vezetékes rendszerek (acélsodronyok)

D jelű pedig a merev szerkezetek (alumínium sínes rendszerek)

- MSZ EN 353-1:2003 Személyi védőeszköz magasból való lezuhanás megelőzésére. 1. rész: Merev rögzített vezetéken alkalmazott vezérelt típusú zuhanásgátló
- MSZ EN 353-2:2003 Személyi védőeszköz magasból való lezuhanás megelőzésére. 2. rész: Hajlékony rögzített vezetéken alkalmazott vezérelt típusú zuhanásgátló
- MSZ EN 363: 2008 Személy lezuhanását megelőző eszközök. Személy lezuhanását megelőző rendszerek.

A leesésvédelmi rendszerek használatkor alkalmazható eszközök:

- MSZ EN 361:2003 Személyi védőeszköz magasból való lezuhanás megelőzésére. (teljes testheveder)

- MSZ EN 362:2005 Személyi védőeszköz magasból való lezuhanás megelőzésére. (csatlakozók, karabinerek)
- MSZ EN 360:2003 Személyi védőeszköz magasból való lezuhanás megelőzésére. (visszahúzható típusú lezuhanásgátlók, önvisszahúzódó zuhanásgátlók)
- MSZ EN 354:2010 Személyi védőeszköz lezuhanás ellen. (rögzítőkötelek)
- MSZ EN 355:2003 Személyi védőeszköz magasból való lezuhanás megelőzésére. (energiaelnyelők)
- MSZ EN 362:2005 Személyi védőeszköz magasból való lezuhanás megelőzésére. (csatlakozók) Csatlakozó elem vagy rendszer részét képező elem. A csatlakozó lehet karabiner vagy kampó.
- MSZ EN 341:2012 Személyi védőeszköz magasból való lezuhanás megelőzésére. (ereszkedőeszközök)
- MSZ EN 358:2003 Személyi védőeszközök munkahelyzetekhez és magasból való lezuhanás megelőzésére. (övek a munkahelyzet beállítására, fékezésre és rögzítésre)
- MSZ EN 397:2012 Ipari védősisakok
- MSZ EN 795:2013 Személy lezuhanását megelőző eszközök. (kikötőeszközök)
- MSZ EN 12841:2007 Személy lezuhanását megelőző eszközök. Megközelítési kötélrendszerek. Kötélbeállító eszközök

A vizsgálati módszerekre és felülvizsgálatra vonatkozó szabványok:

- MSZ EN 365: 2004 Személyi védőeszköz magasból való lezuhanás megelőzésére. A használatra, a karbantartásra, az időszakos vizsgálatra, a javításra, a megjelölésre és a csomagolásra vonatkozó általános követelmények.
- MSZ EN 795:2012 Magasból való lezuhanás elleni védelem. Kikötőeszközök. Követelmények és vizsgálatok.
- MSZ EN 364:1995 Személyi védőeszköz magasból való lezuhanás megelőzésére. Vizsgálati módszerek.

8. Irodalomjegyzék

- [1] 20/2001. (III. 30.) Országgyűlési határozat a Munkavédelem Országos Programjáról
- [2] Dr. Mádi Sarolta: A munkaegészségügy és munkavédelem jogintézményei működésének elméleti és gyakorlati kérdései, különös tekintettel a munkáltató felelősségére, 12. oldal, Debrecen 2016.
- [3] Kövér Tamás: Segédlet a munkavédelem tárgyhoz: 2. oldal
- [4] Kalinák Liliána "A munkahelyi ártalmakkal kapcsolatos szabályozás és problematikája" Miskolc, 2019.
- [5] SafetyCenter- A leesésvédelem fontossága
<https://safetycenter.hu/2019/08/29/leesesvedelem-az-alapok/>
- [6] Trinti- 2. Leesés elleni védelem: nem csak alpinistáknak <https://trinti.hu/leeses-elleni-vedelem-2/>
- [7] Biztonságos munkavégzés a magasban - Magyar Építéstechnika 2020.03.30
- [8] A magasban végzett munka
http://www.nemesacel.com/uploads/A_magasban_vegzett_munka.pdf
- [9] Makus R., Gászner R., Németh V., Gaál P. Pátkai B.- Zuhanás veszélyével járó tevékenységek során alkalmazandó egyéni védelmi rendszerek technikája
- [10] Zuhanás elleni védelem szabályzat <http://www.protectwear.hu/zuhanas-elleni-vedelem-szabalyzata-41>
- [11] Fallprotec- <https://fallprotec.hu/>
- [12] GutFIX Rögzített hágcsólétrák építményeken-
<https://gutfix.hu/termekategoria/maszastechnika/hagcsoletrak-aknaletrak/rogzített-hagcsoletrak-epitmenyeken/>
- [13] 4/2002. (II. 20.) SzCsM-EüM együttes rendelet az építési munkahelyeken és az építési folyamatok során megvalósítandó minimális munkavédelmi követelményekről,
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0200004.scm>
- [14] MSZ EN 353-1:2003 Személyi védőeszköz magasból való lezuhanás megelőzésére. 1. rész: Merev rögzített vezetéken alkalmazott, vezérelt típusú lezuhanásgátlók
- [15] MSZ EN 795:2013 Személy lezuhanását megelőző eszközök. Kikötőeszközök
- [16] MSZ EN 353-2:2003 Személyi védőeszköz magasból való lezuhanás megelőzésére. 2. rész: Hajlékony rögzített vezetéken alkalmazott, vezérelt típusú lezuhanásgátlók
- [17] SafetyCenter- Kikötési pontok <https://safetycenter.hu/termekategoria/kikotesi-pontok/>

- [18] 11/2003. (IX. 12.) FMM rendelet – Az ipari alpinechnikai tevékenység biztonsági szabályzatáról <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0300011.fmm>
- [19] 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99300093.tv>
- [20] 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700253.kor>
- [21] Fallprotec referenciák- <https://fallprotec.hu/referenciaink/>
- [22] MSZ EN ISO 10456:2008 Építési anyagok és termékek. Hő- és nedvességtechnikai tulajdonságok. Táblázatos tervezési értékek, eljárások minősítési és tervezéshőtechnikai értékek meghatározására (ISO10456:2007)
- [23] Fallprotec - <https://fallprotec.com/en>
- [24] KS1000 RW trapéz profilú tetőpanel <https://www.kingspan.com/hu/hu-hu/termekek/szendvicspanel/hoszigetelt-tetorendszerek/ks1000-rw-trapez-profilu-tetopanel-hu>
- [25] Épített trapézlemez, <https://villas.hu/retegredek/uj-laposteto-szigetelese-egyenes-retegreddel/pvc/12211-2/>
- [26] Kingspan KS1000 X-DEK lapostető rendszer <https://www.kingspan.com/hu/hu-hu/termekek/szendvicspanel/hoszigetelt-tetorendszerek/ks1000-x-dek-laposteto-rendszer-hu>
- [27] Zöldtető <https://villas.hu/retegredek/uj-laposteto-szigetelese-egyenes-retegreddel/zoldteto/32462-2/>
- [28] Fallprotec Installer Manual Securope On posts DOC025-UK-19.07.12
- [29] Fallprotec digital catalogue 2021 <https://fallprotec.com/files/catalogue/fallprotec-digital-catalogue-2021-en.pdf?4ff658017b>
- [30] Fallprotec Installer and User manual Unipost anchor point DOC086-EN-19.07.12
- [31] 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületenergetikai jellemzők meghatározásáról <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0600007.tnm>
- [32] Pannon Épületenergetika- Építkezésnél már a szigorúbb energetikai követelmény teljesítendő!
<https://www.pannonmuhely.hu/energetika/energia-tanositvany.php?tanositvany=54>
- [33] Jaanus Hallik, Targo Kalamees- A new method to estimate point thermal transmittance based on combined two-dimensional heat flow calculation https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/32/e3sconf_nsb2020_08005/e3sconf_nsb2020_08005.html

- [34] Petresevics Fanni, Dr. Nagy Balázs, FEM-Based Evaluation of the Point Thermal Transmittance of Various Types of Ventilated Façade Cladding Fastening Systems, article, Buildings 2022, 12, 1153, 6-8 o.
- [35] MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN ISO 10211 Hőhidak az épületszerkezetekben. Hőáramok és felületi hőmérsékletek. Részletes számítások (ISO 10211:2017), 2017. november
- [36] MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN ISO 6946 Épületszerkezetek és épületelemek. Hővezetési ellenállás és hőátbocsátás. Számítási módszerek (ISO 6946:2017), 2017. november
- [37] MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN ISO 24140 Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számítása (ISO 24140:2015)
- [38] Dr. Harmathy Norbert, egyetemi adjunktus BME, előadás- Épületenergetika energetikai és hőtechnikai fogalmak <https://docplayer.hu/148570924-Epuletenergetika-energetikai-es-hotechnikai-fogalmak.html>
- [39] Dr. Harmathy Norbert, egyetemi adjunktus BME, előadás- Bevezetés az épületfizikába, 2018, <https://docplayer.hu/105028189-Bevezetes-az-epuletfizikaba.html>
- [40] Axiomet- Mitől függ a harmatponti hőmérséklet? <https://axiomet.eu/hu/hu/page/3559/Mitol-fugg-a-harmatponti-homerseklet/>
- [41] Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározása, <https://docplayer.hu/4998903-Az-epuletek-energetikai-jellemzoinek-meghatarozasa-energetikai-szamitas-a-homersekleteloszlas-jelentosege.html>
- [42] Sulinet- Hőtechnikai fogalmak <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/epiteszet/az-epitestan-alapjai/hotechnikai-fogalmak/hotechnikai-fogalmak>
- [43] Wikipédia szócikk- Hővezetés <https://hu.wikipedia.org/wiki/H%C5%91vezet%C3%A9s>

9. Ábrajegyzék

- [1] 1.ábra Munkavédelmi intézkedés hierarchiája, forrás: https://truetrade.hu/blog/a_magasban_vegzett_munka_szabalyai.html
- [2] 3.ábra Sodronyos és sínes rendszer, forrása: <https://docplayer.hu/44528524-Zuhanasgatló-rendszerek.html> , <https://fallprotec.hu/biztonsagi-letrak/>
- [3] 4.ábra Hágcsó létra forrás: <https://4kereken.hu/cegek/kereskedelem/maximalis-stabilitasu-hagcso-letra/>
- [4] 5.ábra Merev sínes zuhanásgátló rendszer forrás: <https://betterbt.hu/zuhanasvedelem/telepitett-fix-zuhanasvedelmi-rendszerek/>

- [5] 6.ábra Acélsodronyos leesésvédelmi rendszer forrás:
<https://www.proidea.hu/termekalkalmazasok-5/rotho-blaas-zuhanasgato-rendszerek-telepitese-19880.shtml>
- [6] 7.ábra Fix kikötési pontok forrás:
https://zuhanasgato.hu/blog/a_leeses_elleni_vedelemrol.html
- [7] 8.ábra MVM Dome acélsodronyos leesésvédelem; 9.ábra LISS acélsodronyos leesésvédelem; 10.ábra MONDI acélsodronyos és kikötési pontos védelem; 11.ábra Wienerberger sínes és sodronyos védelem; forrás: Fallprotect referenciák-
<https://fallprotec.hu/referenciaink/>
- [8] 12.ábra Kingspan KS 1000 RW szendvicspanel, forrás: Kingspan KS1000 RW Product datasheet Roof panel with IPN insulation 02/2021
- [9] 13.ábra BMI Villas épített trapézlemez, forrás: <https://villas.hu/retegrendek/uj-laposteto-szigetelese-egyenes-retegrenddel/pvc/12211-2/>
- [10] 14.ábra Kingspan KS 1000 X-DEK tetőpanel, forrás: Hőszigetelt nagy fesztávú tetőpanelek X-Dek termékcsalád KS1000 XM és XD- Nagy fesztávú tetőpanelek 10/2019
- [11] 15.ábra BMI Villas zöldtető, forrás: <https://villas.hu/retegrendek/uj-laposteto-szigetelese-egyenes-retegrenddel/zoldteto/32462-2/>
- [12] 16.ábra Securope leesésvédelmi rendszer, forrás: Fallprotec digital catalogue 2021 <https://fallprotec.com/files/catalogue/fallprotec-digital-catalogue-2021-en.pdf?4ff658017b>
- [13] 17.ábra IDF015 rögzítőtalp; 18.ábra Rögzítés, forrás: Fallprotec Installer Manual Securope On posts DOC025-UK-19.07.12
- [14] 19.ábra Unipost leesésvédelmi rendszer , 21.ábra Billenőcsavar beépítése, 22.ábra Épített trapézlemez építése, forrás: <https://fallprotec.com/en/seaside-lifeline-iceland/>
- [15] 20.ábra IDF058 rögzítőtalp, forrás: Dessiné per AnthonyM Fallprotec Unipost 600 mm avec interface de fixation emboutie, Numéro de piece P19-045-01 , Date de creation 29/03/2019
- [16] 23.ábra Rögzítési módszerek, forrás: : Fallprotec digital catalogue 2021 <https://fallprotec.com/files/catalogue/fallprotec-digital-catalogue-2021-en.pdf?4ff658017b>
- [17] 29.ábra A helyiség levegőjének megengedhető nedvességtartalma a külső és a belső léghőmérséklet függvényében adott belső felületi hőmérséklet esetén, forrás: MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN ISO 24140 Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számítása (ISO 24140:2015)

10. Táblázatok

- [1] 1. táblázat: KS1000 RW anyagtulajdonságai, forrás: Kingspan KS1000 RW Tetőpanel Termékadatok v.2015-11; MSZ EN ISO 10456:2008 Építési anyagok és termékek. Hő- és nedvességtechnikai tulajdonságok. Táblázatos tervezési értékek, eljárások minősítési és tervezésihőtechnikai értékek meghatározására (ISO10456:2007)
- [2] 2. táblázat Épített trapézlemez anyagtulajdonságai, forrás:
<https://villas.hu/retegrendek/uj-laposteto-szigetelese-egyenes-retegrenddel/pvc/12211-2/> ; ; MSZ EN ISO 10456:2008 Építési anyagok és termékek. Hő- és nedvességtechnikai tulajdonságok. Táblázatos tervezési értékek, eljárások minősítési és tervezésihőtechnikai értékek meghatározására (ISO10456:2007);
<https://www.knaufinsulation.hu/termek/smartroof-norm>
- [3] 3. táblázat KS1000 X-DEK anyagtulajdonságai, forrás: Hőszigetelt nagy fesztávú tetőpanelek X-Dek termékcsalád KS1000 XM és XD- Nagy fesztávú tetőpanelek 10/2019; MSZ EN ISO 10456:2008 Építési anyagok és termékek. Hő- és nedvességtechnikai tulajdonságok. Táblázatos tervezési értékek, eljárások minősítési és tervezésihőtechnikai értékek meghatározására (ISO10456:2007)
- [4] 4. táblázat Zöldtető anyagtulajdonságok, forrás: <https://villas.hu/retegrendek/uj-laposteto-szigetelese-egyenes-retegrenddel/zoldteto/32462-2/> ; MSZ EN ISO 10456:2008 Építési anyagok és termékek. Hő- és nedvességtechnikai tulajdonságok. Táblázatos tervezési értékek, eljárások minősítési és tervezésihőtechnikai értékek meghatározására (ISO10456:2007) ;
<https://extenzivzoldteto.hu/az-extenziv-zoldtetok-kornyezeti-es-energetikai-hatasai-tanulmany/> ; <https://www.knaufinsulation.hu/termek/smartroof-norm>
- [5] 5. táblázat Fallprotec Securope on post anyagjellemzők, 6.táblázat Fallprotec Unipost anchor point anyagjellemzők, forrás: MSZ EN ISO 10456:2008 Építési anyagok és termékek. Hő- és nedvességtechnikai tulajdonságok. Táblázatos tervezési értékek, eljárások minősítési és tervezésihőtechnikai értékek meghatározására (ISO10456:2007)