

Hőszigetelés ökölszabályok szerinti vonalvezetésének értékelése numerikus modellezéssel egy hőhidas csomópont példáján

Evaluation of line routing of heat insulation based on rule of thumb using numerical modeling: a case study of a building joint with thermal bridge

POLARECKI Tamás

Optimum Detail Kft. 1133 Budapest, Kárpát utca 26. 8. em. 30. a.,
+36-30-6760126, info@optimumdetail.hu www.optimumdetail.hu

Abstract

Through finite element method-based numerical modeling in a stationary (time-independent) state, I investigated whether it is worthwhile to determine the required insulation thickness and line routing using numerical modeling instead of relying on rule-of-thumb approaches for a specific structural configuration of a building. In the examined geometry of the building structure, it is practically justified to employ numerical modeling for determining the necessary insulation thickness and line routing between heated and unheated spaces only if we have accurate values for the temperature of the unheated space. Otherwise, the temperature of the coldest indoor surface is more influenced by the temperature of the unheated space rather than the thickness and line routing of the insulation.

Keywords: thermal insulation, thermal bridge, rule of thumb, numerical modeling, building joint

Kivonat

Végeselem módszerrel végzett numerikus modellezéssel stacioner (időben állandósult) állapotban vizsgáltam, hogy egy adott épületszerkezeti kialakítás esetén az ökölszabályok helyett érdemes-e numerikus modellezéssel meghatározni a szükséges hőszigetelést vastagságot és vonalvezetést. Az általam vizsgált épületszerkezeti geometria esetén a fűtött és fűtetlen terek között csak akkor van létjogosultsága a gyakorlatban numerikus modellezéssel meghatározni a szükséges hőszigetelést vastagságot és vonalvezetést, ha a fűtetlen tér hőmérsékletére pontos értékkel rendelkezünk, ellenkező esetben a leghidegebb beltéri felület hőmérsékletére nagyobb hatással van a fűtetlen tér hőmérséklete, mint a hőszigetelés vastagsága és vonalvezetése.

Kulcsszavak: hőszigetelés, hőhíd, ökölszabály, numerikus modellezés, csomópont

1. PROBLÉMAFELVETÉS

Főleg a sűrű nagyvárosi beépítésnél, ahol a HÉSZ magas beépítettséget enged, az épület körül szabadtéren nem férnek el a gépkocsik, ezért a garázsok az épületek alá kényszerülnek. Könnyen belátható, hogy bizonyos szintszám esetén már több helyre van szükség a gépkocsik elhelyezéséhez, mint egy lakószint alapterülete.

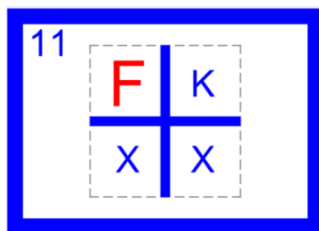
A legelső lakószinteket fűtetlen terektől kell hőtechnikailag elválasztani, ezért a tartószerkezet és a hőszigetelés vonalvezetése kénytelen egymást keresztezni, hőhidak alakulnak ki. A hőszigetelés hőhídmentes kialakítása helyett csak hőhídcsökkentett megoldás képzelhető el. A lakószintek hőszigetelésének vonalvezetése nem csak függőleges talajjal takart pincefalakkal találkozik, hanem általában fűtetlen terek homlokzati falával, födémével vagy az adott épülettől függően további fűtött, fűtetlen vagy időszakos használatú terekkel is.

A profitmaximalizálás miatt az adott telken elérhető legnagyobb eladható alapterület kialakítását igényli. Beruházói érdek a minél kevesebb hőszigetelés használata, akár falon, akár födémén, hiszen a hőszigetelés a fal vastagságának növelésével az alapterületet csökkenti, a födém vastagságának növelésével pedig a kialakítható szintszámot csökkentheti.

Az egyre szigorúbb hőtechnikai előírások az épületek általános felületeire kerülő hőszigetelés vastagságának növekedését eredményezték, a hőhidas csomópontok hőszigetelésére viszont konkrét jogszabályi előírás hiányában a tervezők sem fordítanak kellő figyelmet. Ugyanakkor a hőhidas csomópontok jelentősége növekszik, hiszen a jobban hőszigetelt általános felületek mellett egy relatív hőhíd környezetében az állagvédelmi problémák kialakulásának esélye sokkal nagyobb.

2. VIZSGÁLT SZERKEZETI KIALAKÍTÁS

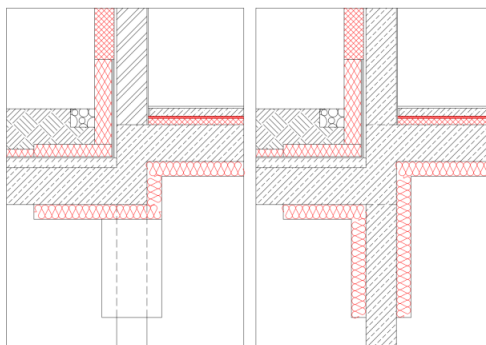
Végelem módszerrel végzett numerikus modellezéssel stacioner (időben állandósult) állapotban végeztem a vizsgálatokat [4, 6, 7]. Egy önkényesen kiválasztott hőhidas csomópont segítségével értékeltem a hőszigetelés ökölszabályok szerinti vonalvezetését. A vizsgált elrendezésben fűtött tér mellett kültér található és mindkét alsó térnegyedben fűtetlen tér helyezkedik el, azaz amikor az épület alatti parkolósínt a lakószintek alapterületénél nagyobb, a mélygarázs kontúrja kilóg a felmenő szerkezetek kontúrja alól. Az ábrán „F” betűvel a fűtött teret, „X” betűvel a fűtetlen teret, „K” betűvel a külteret jelöltem.



1. ábra. Ténylegesen vizsgált geometria

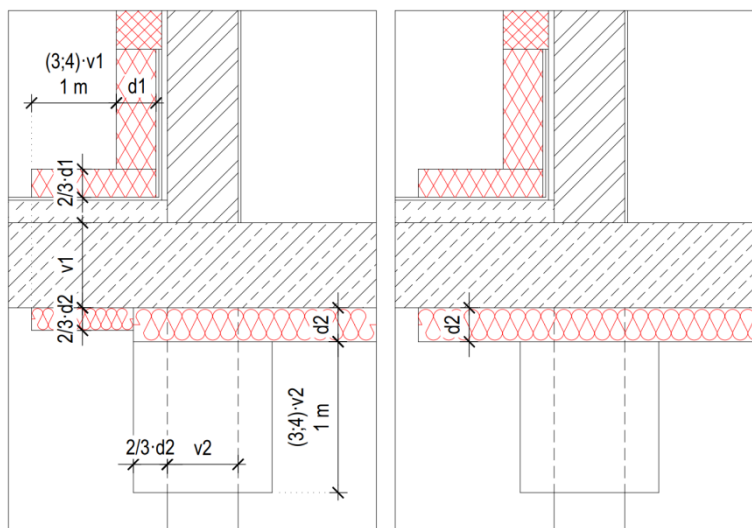
A jelen vizsgálatban azt feltételeztem, hogy a meghatározott elrendezés a harmadik dimenzióban „vonalszerűen” folytatódik. Egyenes vonalú elrendezés esetén is van létjogosultsága a háromdimenziós vizsgálatnak, ugyanis a mai társasházak általában monolit vasbeton pillérvázastartószerkezettel készülnek, tehát minden homlokzati kitöltőfalban megjelennek vasbeton pillérek. Kétdimenziós modell esetén fel lehet venni több metszetet: a pilléren keresztül, a kitöltőfalon keresztül és ha a pillér környezetében a födém felett és/vagy alatt kiegészítő hőszigetelés is található, akkor a pillér mellett a kitöltőfalon és a kiegészítő hőszigetelésen keresztül is. A metszeten elvégzett kétdimenziós vizsgálatok eredményei hossz szerint átlagolhatók vagy a minimumértékek meghatározhatók, ugyanakkor a háromdimenziós hőáramok hatását nem tudják figyelembe venni. Vizsgálatom célja, hogy megállapítsam, mekkora a háromdimenziós hőáramok elhanyagolásából adódó eltérés.

Jelen vizsgálatban azt feltételeztem, hogy a beltéri födém alsó síkján helyezkedik el a hőszigetelés (2. ábra). A kültéri födém alsó és felső síkján is szükséges kiegészítő hőszigetelés a fal mentén a modell teljes szélességében.



2. ábra. Födém alatti hőszigetelés

A kialakuló hőhíd ellen hagyományos módon úgy védekezhetünk ökölszabályok szerint elméletben, hogy az általános felületen alkalmazott hőszigetelést $2/3$ vastagságban a hőhidas szerkezetre „kihajtjuk” a hőhidas szerkezet vastagságának 3-4-szeresének szélességében vagy 1 m szélességben. Ugyanez az ökölszabály igaz a födém alatti pillérré is, tehát a pillért a födém alatti hőszigetelés alatt a pillér vastagságának 3-4-szereséig vagy 1 m-ig javasolt hőszigetelni, a födém alatti hőszigetelés vastagságának $2/3$ -ával (3. ábra).



3. ábra. Ököl szabályok szerinti hőszigetelés földem alatti hőszigeteléssel

3. ALAPVETÉSEK

Különböző hőszigetelésvastagságokra kiszámoltam a rétegtervi hőátbocsátási együtthatókat, mely számítás terjedelmi korlátok miatt nem közlök. Ha a pontszerű és vonalmenti hőhidak hatásával korrigáljuk a rétegtervi hőátbocsátási tényezőt, akkor 16 cm vastag hőszigeteléssel teljesíti a fal az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet [1] (továbbiakban: TNM rendelet) követelményeit, ezért a 16 cm vastag homlokzati hőszigetelést tekintetem referenciaértéknek. A különböző felületekre kerülő hőszigetelések referenciavastagságát az 1. táblázatban látható értékekben határoztam meg.

Hőszigetelésvastagságok referenciaértékei

1. táblázat

Hőszigetelésvastagságok referenciaértékei	
HTy - homlokzati hőszig. vastagsága [cm]	16
HTy-2 - lábazati hőszigetelés vastagsága [cm]	14
HAz - vízszintes túlvezetés vastagsága [cm]	10
HAY - vízszintes túlvezetés hossza [cm]	100
HUz - földem alatti hőszig. vastagsága [cm]	12
HUy - pillér hőszigetelés vastagsága [cm]	12
HCz - pillér hőszigetelés hossza [cm]	100

A különböző eltérő elrendezéseket a 16 cm vastag homlokzati hőszigetelés esetén meghatározott referencia elrendezéshez hasonlítottam. Egy minimális pillérhosszt (30 cm) és egy nagyobb méretű 7-10 emeletes társasházban gyakori pillérhosszt (80 cm) is megvizsgáltam. A táblázatokban világosszürke háttérrel jelöltem a változó paramétereket, sötétszürke háttérrel pedig az állagvédelmi kockázatot mutató eseteket (alacsonyabb a felületi hőmérséklet 12,5 °C-nál).

4. ÖKÖLSZABÁLYOK BETARTÁSA

Az ökölszabályokat betartva mind a 30 cm-es, mind a 80 cm-es pillérhossz esetén a TNM rendeletnek megfelelő hőszigetelésvastagságok esetén nem állt fenn állagvédelmi kockázat, azaz magasabb volt a felületi hőmérséklet 12,5 °C-nál (2. táblázat).

Legkisebb felületi hőmérsékletek különböző hőszigeteléstvastagságok esetén 2. táblázat

Homlokzati (HTy), lábazat elé kivezetett (HAz), földem alatti (HUz) és pilléren lévő (HUy) hőszigetelés vastagságai összehangoltan változnak										
k	HTy [m]	HAY [m]	HCz [m]	HAz [m]	HUz [m]	HUy [m]	$T_{\min,80\text{cm}}$ [°C]	$\Delta(T_k-T_{k-1})$ [°C]	$T_{\min,30\text{cm}}$ [°C]	$\Delta(T_k-T_{k-1})$ [°C]
1.	0,06	1,00	1,00	0,06	0,05	0,05	10,75	-	10,46	-
2.	0,10	1,00	1,00	0,08	0,08	0,08	12,11	1,36	11,83	1,37
3.	0,14	1,00	1,00	0,08	0,10	0,10	12,76	0,65	12,51	0,68
4.	0,16	1,00	1,00	0,10	0,12	0,12	13,12	0,36	12,87	0,36
5.	0,18	1,00	1,00	0,12	0,15	0,15	13,50	0,37	13,26	0,39
6.	0,20	1,00	1,00	0,12	0,20	0,20	13,88	0,38	13,66	0,40
							$\Delta(T_6-T_1)$ [°C]:	3,13	$\Delta(T_6-T_1)$ [°C]:	3,20

A legalacsonyabb felületi hőmérsékletek között $\Delta(T_6-T_1)$ 3 °C-nál nagyobb különbség adódott a legvékonyabb és a legvastagabb hőszigetelések esetén.

A továbbiakban a referencia homlokzati hőszigeteléshez képest vizsgáltam, hogy a homlokzat külső síkja elé túlvezetett és a pilléren lévő hőszigetelés hosszának külön-külön és együttes változtatása, valamint a vastagságai külön-külön és együttes változtatása mekkora hatással volt a legalacsonyabb beltéri felületi hőmérséklet értékére. A túlvezetés hosszát 1 cm és 1,5 m között változtattam. Az 1 cm lényegében azt jelenti, hogy a hőszigetelés nincs rávezetve a hőhídra, a vasbeton szerkezet egyszerűen átszűrja a hőszigetelő burkot. A 3. és 4. táblázat értékeinek kombinációit vizsgáltam.

Homlokzati hőszigetelés változó túlvezetési hosszal

3. táblázat

Homlokzati hőszigetelés						
HTy - homlokzati hőszig. vastagsága [cm]	6	10	14	16	18	20
HTy-2 - lábazati hőszigetelés vastagsága [cm]	4	8	12	14	16	18
HAz - vízszintes túlvezetés vastagsága [cm]	6	8	8	10	12	12
HAY - vízszintes túlvezetés hossza [cm]	0(1)	50	80	100	120	150

Földem alatti hőszigetelés változó túlvezetési hosszal

4. táblázat

Földem alatti hőszigetelés						
HUz - földem alatti hőszig. vastagsága [cm]	5	8	10	12	15	20
HUy - pillér hőszigetelés vastagsága [cm]	5	8	10	12	15	20
HCz - pillér hőszigetelés hossza [cm]	0(1)	50	80	100	120	150

5. ÖKÖLSZABÁLYOKTÓL VALÓ ELTÉRÉS

Kétféle eredmény született. Az esetek egyik csoportjában, amikor a homlokzat külső síkja elé túlvezetett hőszigetelés hossza változott, a legalacsonyabb beltéri felületi hőmérsékletek között nagyobb eltérés, kb. 1 °C mutatkozott $\Delta(T_6-T_1)$, tehát számított a túlvezetés hossza (5. táblázat és 6. táblázat). Nagyobb mintára lenne szükség ahhoz, hogy egyértelműen ki lehessen jelteni, hogy az ökölszabályok alkalmazása mindig megfelelő eredményre vezet, azonban látható, hogy jelen esetben nem volt állagvédelmi kockázat az ökölszabályokat betartva.

Legkisebb felületi hőmérséklet a homlokzat elé túlvezetett hőszigetelés esetén 5. táblázat

Földem alsó és felső síkján a homlokzat külső síkja elé túlvezetett hőszigetelés hossza (HAY) változik										
k	HTy [m]	HAY [m]	HCz [m]	HAz [m]	HUz [m]	HUy [m]	$T_{\min,80\text{cm}}$ [°C]	$\Delta(T_k-T_{k-1})$ [°C]	$T_{\min,30\text{cm}}$ [°C]	$\Delta(T_k-T_{k-1})$ [°C]
1.	0,16	0,01	1,00	0,10	0,12	0,12	12,34	-	12,05	-
2.	0,16	0,50	1,00	0,10	0,12	0,12	12,89	0,54	12,61	0,57
3.	0,16	0,80	1,00	0,10	0,12	0,12	13,05	0,17	12,79	0,18
4.	0,16	1,00	1,00	0,10	0,12	0,12	13,12	0,07	12,87	0,08
5.	0,16	1,20	1,00	0,10	0,12	0,12	13,18	0,05	12,93	0,05
6.	0,16	1,50	1,00	0,10	0,12	0,12	13,23	0,05	12,98	0,05
							$\Delta(T_6-T_1)$ [°C]:	0,89	$\Delta(T_6-T_1)$ [°C]:	0,93

Legkisebb felületi hőmérséklet a homlokzat elé és a födém alá túlvezetett hőszigetelés esetén 6. táblázat

Födém alsó és felső síkján a homlokzat külső síkja elé túlvezetett hőszigetelés hossza (HAY) és vastagsága (HCz) változik										
k	HTy [m]	HAY [m]	HCz [m]	HAz [m]	HUz [m]	HUy [m]	$T_{\min,80\text{cm}}$ [°C]	$\Delta(T_k-T_{k-1})$ [°C]	$T_{\min,30\text{cm}}$ [°C]	$\Delta(T_k-T_{k-1})$ [°C]
1.	0,16	0,01	0,01	0,10	0,12	0,12	12,21	-	11,98	-
2.	0,16	0,50	0,50	0,10	0,12	0,12	12,84	0,63	12,60	0,62
3.	0,16	0,80	0,80	0,10	0,12	0,12	13,04	0,20	12,79	0,19
4.	0,16	1,00	1,00	0,10	0,12	0,12	13,12	0,08	12,87	0,08
5.	0,16	1,20	1,20	0,10	0,12	0,12	13,19	0,06	12,93	0,06
6.	0,16	1,50	1,50	0,10	0,12	0,12	13,24	0,06	12,98	0,06
							$\Delta(T_6-T_1)$ [°C]:	1,03	$\Delta(T_6-T_1)$ [°C]:	1,00

Az esetek másik csoportjában, amikor a homlokzat alól kinyúló vasbeton födém alsó és felső síkján a homlokzat külső síkja elé túlvezetett hőszigetelés hossza nem változott, csak a vastagsága vagy a pilléren lévő hőszigetelés hossza vagy vastagsága (7. táblázat), a legalacsonyabb beltéri felületi hőmérsékletek között alig 0,2 °C volt az eltérés $\Delta(T_6-T_1)$. Ez azt is jelenti, hogy a homlokzat elé túlvezetett hőszigetelés meglehetősen nagyon fontos, hiszen az nagyobb hatással van a belső felületi hőmérsékletre.

Legkisebb felületi hőmérséklet - homlokzat elé vezetett hőszig. hossza nem változott

7. táblázat

Lábazat elé kivezetett hőszigetelés vastagsága (HAz) és pilléren lévő hőszigetelés vastagsága (HUy) változik								Pilléren lévő hőszigetelés vastagsága (HUy) változik									
k	HTy [m]	HAY [m]	HCz [m]	HAz [m]	HUz [m]	HUy [m]	$T_{\min,30\text{cm}}$ [°C]	$\Delta(T_k-T_{k-1})$ [°C]	k	HTy [m]	HAY [m]	HCz [m]	HAz [m]	HUz [m]	HUy [m]	$T_{\min,30\text{cm}}$ [°C]	$\Delta(T_k-T_{k-1})$ [°C]
1.	0,16	1,00	1,00	0,05	0,12	0,01	12,73	-	1.	0,16	1,00	1,00	0,10	0,12	0,01	12,78	-
2.	0,16	1,00	1,00	0,08	0,12	0,05	12,82	0,09	2.	0,16	1,00	1,00	0,10	0,12	0,05	12,84	0,06
3.	0,16	1,00	1,00	0,10	0,12	0,08	12,86	0,04	3.	0,16	1,00	1,00	0,10	0,12	0,08	12,86	0,02
4.	0,16	1,00	1,00	0,14	0,12	0,10	12,90	0,04	4.	0,16	1,00	1,00	0,10	0,12	0,10	12,86	0,01
5.	0,16	1,00	1,00	0,16	0,12	0,12	12,92	0,02	5.	0,16	1,00	1,00	0,10	0,12	0,12	12,87	0,01
6.	0,16	1,00	1,00	0,18	0,12	0,15	12,94	0,02	6.	0,16	1,00	1,00	0,10	0,12	0,15	12,88	0,01
							$\Delta(T_6-T_1)$ [°C]:	0,21								$\Delta(T_6-T_1)$ [°C]:	0,10

Lábazat elé kivezetett hőszigetelés vastagsága (HAz) változik								Pilléren lévő hőszigetelés hossza (HCz) változik									
k	HTy [m]	HAY [m]	HCz [m]	HAz [m]	HUz [m]	HUy [m]	$T_{\min,30\text{cm}}$ [°C]	$\Delta(T_k-T_{k-1})$ [°C]	k	HTy [m]	HAY [m]	HCz [m]	HAz [m]	HUz [m]	HUy [m]	$T_{\min,30\text{cm}}$ [°C]	$\Delta(T_k-T_{k-1})$ [°C]
1.	0,16	1,00	1,00	0,06	0,12	0,12	12,82	-	1.	0,16	1,00	0,01	0,10	0,12	0,12	12,72	-
2.	0,16	1,00	1,00	0,08	0,12	0,12	12,85	0,03	2.	0,16	1,00	0,50	0,10	0,12	0,12	12,85	0,13
3.	0,16	1,00	1,00	0,10	0,12	0,12	12,87	0,02	3.	0,16	1,00	0,80	0,10	0,12	0,12	12,87	0,02
4.	0,16	1,00	1,00	0,14	0,12	0,12	12,90	0,03	4.	0,16	1,00	1,00	0,10	0,12	0,12	12,87	0,01
5.	0,16	1,00	1,00	0,16	0,12	0,12	12,92	0,01	5.	0,16	1,00	1,20	0,10	0,12	0,12	12,87	0,00
6.	0,16	1,00	1,00	0,18	0,12	0,12	12,93	0,01	6.	0,16	1,00	1,50	0,10	0,12	0,12	12,87	0,00
							$\Delta(T_6-T_1)$ [°C]:	0,11								$\Delta(T_6-T_1)$ [°C]:	0,16

A TNM rendelet [1] előírja, hogy a szomszédos terek hőmérséklete szabvány alapján határozható meg, de azt nem definiálja, hogy melyik szabvány alkalmazandó. A DIN 4108-2 szabvány szerint -5 °C a jelen vizsgálatban alkalmazandó fűtetlen téri léghőmérséklet [2]. Más szabványt használva a fűtetlen téri hőmérsékletre más értéket is választhatunk [3, 5]. A minimális felületi hőmérséklet értékei közötti legfeljebb 0,2 °C-os eltérések annyira alacsonyak voltak, hogy a fűtetlen mélygarázs önkényesen felvett hőmérsékletét eltérő értékkel felvéve a 8. táblázatban látható módon nagyobb mértékben megváltozott a legalacsonyabb beltéri felületi hőmérséklet, mint pillérre kerülő hőszigetelés dimenzióinak változásának hatására.

Fűtetlen téri hőmérséklet hatása a legalacsonyabb beltéri felületi hőmérsékletre 8. táblázat

Pilléren lévő hőszigetelés hossza (HCz) és a fűtetlen mélygarázs hőmérséklete (T_{uh}) változik										
k	T_{uh} [°C]	HTy [m]	HAY [m]	HCz [m]	HAz [m]	HUz [m]	HUy [m]	$T_{\min,30\text{cm}}$ [°C]	$\Delta(T_{\text{kj}}-T_{\text{kj-1}})$ [°C]	
1./A	-5	0,16	1,00	0,01	0,10	0,12	0,12	12,72	-	
1./B	-3	0,16	1,00	0,01	0,10	0,12	0,12	13,14	0,42	
2./A	-5	0,16	1,00	0,50	0,10	0,12	0,12	12,85	-	
2./B	-3	0,16	1,00	0,50	0,10	0,12	0,12	13,26	0,41	
3./A	-5	0,16	1,00	0,80	0,10	0,12	0,12	12,87	-	
3./B	-3	0,16	1,00	0,80	0,10	0,12	0,12	13,27	0,40	
4./A	-5	0,16	1,00	1,00	0,10	0,12	0,12	12,87	-	
4./B	-3	0,16	1,00	1,00	0,10	0,12	0,12	13,28	0,40	

Fontos tényező, hogy a kültéri és beltéri födécek eltérő síkjai miatt már akkor is létrejött egy bizonyos kerülőutas hőhid elleni hőszigetelési hossz, ha a homlokzat síkja elé vagy a födém alatti hőszigetelés alsó síkja alá nem is volt levezetve a hőszigetelés.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Végeselem módszerrel végzett numerikus modellezéssel stacioner (időben állandósult) állapotban vizsgáltam, hogy egy adott épületszerkezeti kialakítás esetén az ökölszabályok helyett érdemes-e numerikus modellezéssel meghatározni a szükséges hőszigetelést vastagságot és vonalvezetést.

Bár az eredmények nem rajzolnak ki pontos képet, de úgy tűnik, hogy a csatlakozó födém mentén túlvezetett hőszigetelésnek nagyobb jelentősége van a legalacsonyabb beltéri felületi hőmérséklet alakulására, mint a pillérre levezetett hőszigetelésnek. A födém mentén túlvezetett hőszigetelés hatása 0,5 °C nagyságrendben mérhető, mely nagyságrend megegyezik a fűtetlen tér önkényesen választott léghőmérsékletének 2 °C-os növelésének hatásával.

Összefoglalva azt lehet mondani, legalábbis az általam vizsgált épületszerkezeti geometria esetén, hogy a fűtött és fűtetlen terek között csak akkor van létjogosultsága a gyakorlatban numerikus modellezéssel meghatározni a szükséges hőszigetelést vastagságot és vonalvezetést, ha a fűtetlen tér hőmérsékletére pontos értékkel rendelkezünk, ellenkező esetben a leghidegebb beltéri felület hőmérsékletére nagyobb hatással van a fűtetlen tér hőmérséklete, mint a hőszigetelés vastagsága és vonalvezetése.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] ***: 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról, 2006, <https://njt.hu/jogszabaly/2006-7-20-6F> (Utolsó letöltés: 2023. 01. 02.)
- [2] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, (DIN 4108-2:2013-02)*, 2013.
- [3] Magyar Szabványügyi Testület: *Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai. Fűtési hőszükségletszámítás, (MSZ-04-140-3:1987)*, 1987.
- [4] Magyar Szabványügyi Testület: *Épületszerkezetek és épületelemek hő- és nedvességtechnikai viselkedése. A kritikus felületi nedvességet és a szerkezeten belüli páralecsapódást megelőző belső felületi hőmérséklet. Számítási módszerek, (MSZ EN ISO 13788:2013)*, 2013.
- [5] Magyar Szabványügyi Testület: *Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai, (MSZ 24140:2015)*, 2015.
- [6] Magyar Szabványügyi Testület: *Épületek hőtechnikai viselkedése. Hőátvitel a talajban. Számítási módszerek, (MSZ EN ISO 13370:2017)*, 2017.
- [7] Magyar Szabványügyi Testület: *Hőhidak az épületszerkezetekben. Hőáramok és felületi hőmérsékletek. Részletes számítások, (MSZ EN ISO 10211:2017)*, 2017.