




Diplomamunkát készítő neve:	Gonda Péter Benedek Építész MSc hallgató
A diplomamunkát készítő Neptun kódja:	T6R79P
Diplomamunka címe:	Előregyártott fa–beton öszvérszerkezetek alkalmazása barnamezős területek lakócélu revitalizációjában
Intézeti témavezető:	Prof. Dr. Kósa Balázs , oktatási dékánhelyettes, egyetemi tanár
Konzulens:	Fodor Tamás okl. építőmérnök
A dolgozat kódja	FMK-8-2026-D

Elvégzendő feladatok

1. mutassa be a Sopron észak-nyugati városrészének revitalizációja céljából tervezett társasházakat az épületek engedélyezési tervdokumentációján keresztül
2. ismertesse az épületek tartószerkezeti rendszerét
3. méretezze tartószerkezeti szempontból a fa-beton köztes födémeket, számításához a nemzetközi gyakorlatban elfogadott eljárásokat is alkalmazhat
4. fogalmazzon meg összefoglaló tanulmányt a tervezett fa-beton öszvér födémelek gyártásával, vagy helyszíni kivitelezésével kapcsolatos szakmai feladatokról, kihívásokról.

Beadási határidő: 2026. május 08.

Kelt: Sopron, 2026. február 27.


Prof. Dr. Magoss Endre
dékán





NYILATKOZAT

a diplomamunka/szakdolgozat készítése során használt mesterséges intelligencia alapú eszköz(ök)ről

Alulírott (név) GONDA PÉTER BENEDEK (neptun kód: T6R79P)
ÉPÍTÉSI MSc HALLGATÓ szakos hallgató, a
..... címmel benyújtott
diplomamunkám/szakdolgozatom készítése során az alábbi módon használtam fel
mesterséges intelligencia (AI) alapú eszköz(öke)t:

Az AI alapú eszköz használatának oka és célja:

LÁTVÁNYTERVEK KÉSZÍTÉSE, FORRÁSOK KERESÉSE
.....
.....

Az eszköz(ök) pontos neve és elérhetősége (link):

CHAT GPT https://chat.openai.com
.....
.....

Az alkalmazás módja (a pontos prompt megadása idézve):

"KÉSZÍTS A REFERENCIA KÉP ALAPJÁN LÁTVÁNYTERVET A FELJÖLT
KÉPBŐL, ANÉLKÜL, HOGY A MEGLÉVŐ GEOMETRIÁN VÁLTOZTATNÁL"
.....

Kijelentem, hogy a dolgozatkészítés során felhasznált mesterséges intelligencia (AI) alapú
eszközök alkalmazása támogató jellegű (asszisztencia) volt és azok nem váltották ki a hallgatói
munkám önálló jellegét.

Kelt, 2026.05.14

hallgató aláírása



NYILATKOZAT
önálló munkáról

Alulírott (név) GONDA PÉTER BENEDEK (neptun kód: TGR79P)
..... ÉPÍTÉS MSc szakos hallgató jelen

nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a

ELŐREGYÁRTOTT FA-BETON ÖSZVÉRSZERKEZETEK ALKALMAZÁSA BARNAMEZŐS
című (megfelelő rész aláhúzendő) TERÜLETEK LAKOCÉLÚ REVITALIZÁCIÓJÁBAN

diplomamunka

szakdolgozat

portfólió

záródolgozat

(a továbbiakban: dolgozat) **önálló munkám**, a dolgozat készítése során a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait, valamint a Soproni Egyetem hallgatói plágiumról szóló szabályzatának előírásait, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat betartottam.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt, illetve a feladatot kiadó oktatót **nem tévesztettem meg.**

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot **nem magam készítettem**, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Soproni Egyetem **megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat.**

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Kelt: 2016.05.14.....


.....
hallgató aláírása

Soproni Egyetem

Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar

Előregyártott fa-beton öszvérszerkezetek alkalmazása barnamezős területek lakócélu revitalizációjában

Témavezetők:

Prof. Dr. Kósa Balázs

oktatási dékánhelyettes, egyetemi tanár

Fodor Tamás

okl. építőmérnök

A diplomamunka készítője:

Gonda Péter Benedek

Tartalomjegyzék

Előszó	4
1. Társadalmi és gazdasági háttér.....	5
1.1 Demográfiai folyamatok bemutatása	5
1.2 Munkaerőpiaci tendenciák	6
1.3 A társadalmi és gazdasági folyamatok következményei.....	7
1.4. Lakhatás.....	8
1.5. Hipotézis.....	9
2. A tervezési terület meghatározása	10
2.1 Sopron városszerkezeti átalakulása.....	10
2.3. Az akcióterület ismertetése.....	13
2.4. A tervezési terület adottságai.....	14
3. Tervezési program.....	18
3.1 A tervezési programot meghatározó területi adottságok és célkitűzések.....	18
3.2 A megtervezésre kerülő funkciók beazonosítása.....	19
3.3 Beépítési és telepítési koncepció	20
3.4 A lakóépületek használati és alaprajzi koncepciója.....	21
3.5 A szolgáltatók használati és alaprajzi koncepciója.....	23
3.6 Üzemeltetés és kiszolgálás	27
4. Épületszerkezeti munkarész	28
4.1 Általános szerkezeti koncepció.....	28
4.2 A primer tartószerkezeti rendszer épületszerkezeti kialakítása.....	29
4.2.1 Vasbetonmag	29
4.2.2 Vasbeton pillérváz.....	30
4.2.3 CLT-vasbeton hibrid födémszerkezet	31
4.2.4 Alapozás	32
4.3 A primer tartószerkezet épületszerkezeti megoldásai.....	32
4.3.1 Külső falazat	32
4.3.2 Lakásválasztó falazat.....	34
4.3.3 Válaszfalak	35
4.4 Közbenső födémek rétegrendjei	36
4.4.1 Padló rétegrend – Álpadló.....	36
4.4.2 Padló rétegrend – Loggia.....	38
4.4.3 Mennyezet rétegrend – Álmennyezet.....	39

4.5 Tetőrétegrend és csapadékvíz-kezelés	39
4.5.1 Lapostető rétegrend.....	39
4.5.1 Csapadékvíz vertikális elvezetése	41
5. Tartószerkezeti munkarész.....	41
5.1 Tartószerkezeti koncepció	41
5.2 Teherviselő szerkezet bemutatása.....	43
5.2.1 Pillérváz.....	43
5.2.2 Acél köztes- és peremgerendák	44
5.2.3 TCC födémekek.....	45
5.2.4 Központi merevítő lépcsőház	47
5.2.5 Előregyártási és szerelési sajátosságok hatása a csomóponti viselkedésre	47
5.3 TCC födémekek viselkedése.....	48
5.4 TCC födémekek méretezésének módszerei	50
5.4.1 Gamma módszer	50
5.4.2 EPM módszer.....	50
5.5 Saját számítások eredményeinek ismertetése	51
5.5.1 Terhek és igénybevételek	51
5.5.2 Födém modellezése.....	51
5.5.3 Keresztmetszet ellenőrzése.....	51
5.5.4 Teherbírási határállapot.....	51
5.5.5 Használhatósági határállapot	52
5.5.6 Tűzhatás.....	52
5.5.7 Következtetések	52
6. Összegzés.....	53
7. Irodalomjegyzék.....	54
7.1. Felhasznált szakirodalom	54
7.2. Felhasznált internetes kiadványok és források	55
7.3. Mellékletek	55

Előszó

A diplomamunka témaválasztását az a felismerés határozta meg, hogy a lakhatási kérdések egyre kevésbé értelmezhetők kizárólag helyi szintű problémaként. A gazdasági átalakulások eltérő módon hatnak a városokra: egyes területek korábbi ipari vagy gazdasági szerepe elhalványul, miközben más térségekben rövid idő alatt jelentős lakhatási igény jelenik meg. Ez a helyzet olyan építészeti válaszokat igényel, amelyek ismételhető, ugyanakkor alkalmazkodásra képes rendszerekként jelennek meg.

A dolgozat olyan építőipari és szerkezeti megoldást keres, amely térben és időben is képes követni a lakhatási igények változását, vagyis alkalmazható lehet eltérő városi helyzetekben. Továbbá olyan fejlesztési folyamatokban is, ahol a lakhatási igény gyors változásával a helyi építőipari kapacitások alakulása nem tud lépést tartani. A megoldás ezért figyelembe veszi a kivitelezési időt, a gyártási folyamatokat és a helyi adottságok korlátait is. A cél egy olyan előregyártott építési rendszer használata volt, amelynek tervezése és gyártása digitális technológiákra, valamint üzemi körülmények között előállítható tipizált szerkezeti elemekre épül.

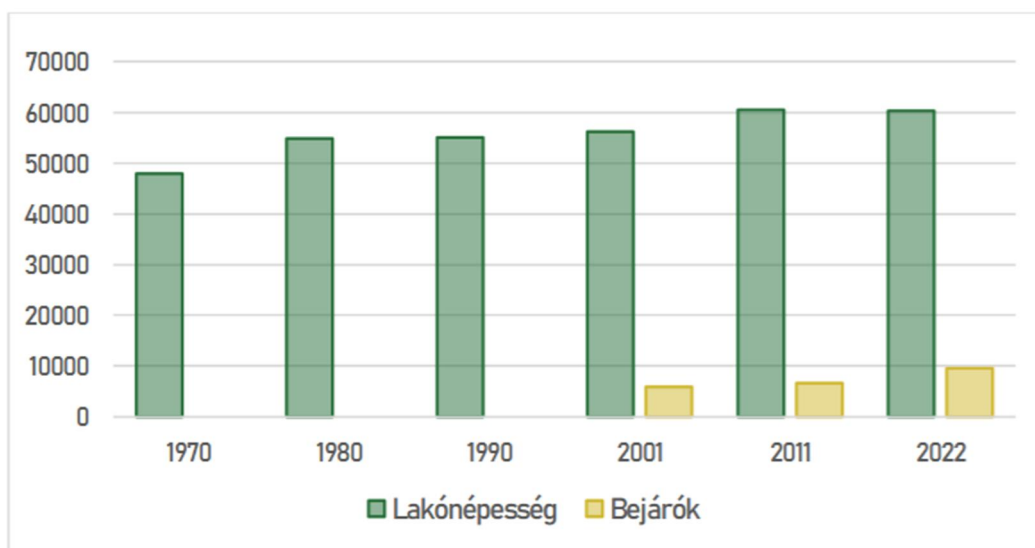
A dolgozatban az építészeti minőség elsősorban nem egyedi formai gesztusokban, hanem a szerkezeti, használati és városszerkezeti döntések összehangolásában jelenik meg. A témához való közelítésemet saját szakmai érdeklődésem is alakította. Faipari mérnöki előképzettségem miatt különösen fontosnak tartottam annak vizsgálatát, hogy a fa és a hagyományos építőanyagok kombinációjából létrehozott hibrid szerkezetek milyen szerepet kaphatnak nagyobb léptékű lakóépületek esetében. A diplomamunka ezért az építészeti és tartószerkezeti kérdéseket nem egymástól elkülönítve, hanem egymásra ható döntések rendszerében vizsgálja.

1. Társadalmi és gazdasági háttér

1.1 Demográfiai folyamatok bemutatása

Sopron lakosságának pontos változásáról kevés egyértelmű adat áll rendelkezésre, az elmúlt 10 évről. A lakosság szám feltételezett növekedése azért is nehezen kimutatható, mivel a városba és környékére beköltözők egy jelentős része csak ideiglenesen választja lakhelyéül a települést. Feltételezhetően gyakori az a jelenség, hogy az érkezők tartózkodási helyet vagy lakcímet nem létesítenek.

A hivatalos statisztikák ugyanakkor egyértelmű növekedést mutatnak: 2008 és 2018 között az állandó népesség mintegy 1,83%-kal, míg a lakónépesség körülbelül 6,16%-kal emelkedett, ami országos viszonylatban is jelentősnek tekinthető. (Bertalan, L. – Tóth, B. 2020) Napjainkban a KSH adatai szerint a város lélekszáma 60 ezer fő körül alakul, (1. ábra) míg a Soproni járásban – amely 37 települést foglal magában – a 2022-es népszámlálás szerint 101.206 fő élt.



1. ábra: Sopron népessége és a településre bejáró foglalkoztatottak száma a népszámlálások alapján
Forrás: Sopron Megyei Jogú Város Önkormányzata (2025): Sopron fenntartható városi mobilitási terve.

Kijelenthető, hogy az osztrák munkaerőpiac 2011-es megnyitását követően Sopron és a vele szomszédos települések lakónépessége jelentős mértékben növekedett.

A tendenciák igazolására közvetett adatok is felhasználtak, ilyen például a személygépkocsi-állomány alakulása, amely 2001 és 2023 között Sopronban mintegy 78%-kal nőtt, ami megerősíti azt a korábbi feltételezést, hogy a lakosság szám alakulása valószínűleg meghaladja a hivatalos adatokat. (Kaposi, B., 2025)

A hosszabb távú trendeket vizsgálva megállapítható, hogy a lakónépeség 2019-ig folyamatos, bár mérsékelt növekedést mutatott, ezt követően azonban enyhe csökkenés figyelhető meg, amelynek tartóssága egyelőre nehezen prognosztizálható. A korábbi, évi 500–1000 fős gyarapodás üteme várhatóan nem tér vissza, ugyanakkor a funkcionális várostérség egyes részein továbbra is növekedés tapasztalható. (Sopron MJV Önkormányzata, 2025)

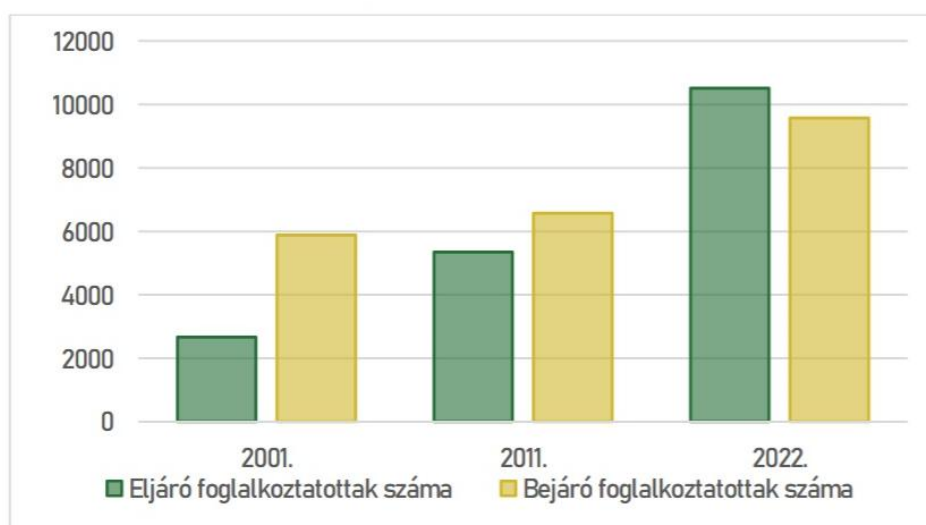
1.2 Munkaerőpiaci tendenciák

A határ menti térségek gazdasági és társadalmi folyamatait jelentősen befolyásolja a szomszédos ország munkaerőpiaca, amely a bérek és munkakörülmények közötti különbségeken keresztül alakítja a munkaerő térbeli mozgását.

Az osztrák–magyar határrégióban a munkaerőáramlás erősen egyirányú: a munkavállalók döntő többsége Magyarországról Ausztriába ingázik.

A jelenség egyik fő oka a két ország közötti jelentős bérkülönbség, amely tartós ösztönzőként jelenik meg a határon átnyúló munkavállalásban.

A határon átnyúló ingázás volumene az elmúlt évtizedekben folyamatosan növekedett, a Nyugat-Dunántúl régióból külföldön dolgozók száma elérte a mintegy 55–60 ezer főt. Míg korábban a városba bejáró foglalkoztatottak aránya lényegesen felülmúlta az eljárókéét, mára ez az arány megfordult. A 2001-es adatokhoz képest 2022-re 34%-kal csökkent a helyben munkát vállalók aránya, miközben az eljáró dolgozók mintegy háromnegyede a határon túl dolgozik. (2.ábra)



2.ábra: A Sopronba bejáró és a Sopronból más településre eljáró foglalkoztatottak száma

Forrás: Sopron Megyei Jogú Város Önkormányzata (2025): Sopron fenntartható városi mobilitási terve.

Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a Sopronba ingázók száma is megnövekedett, tehát a város munkaerő vonzóereje erősödött. (Sopron MJV Önkormányzata, 2025)

A Sopron térségében megfigyelhető, egyoldalú határon átnyúló ingázás nem egyedi jelenség, hanem az osztrák–magyar határrégió egészére jellemző strukturális sajátosság, amelyet jelentős bérkülönbségek és munkaerőpiaci egyenlőtlenségek alakítanak.

(European Commission 2025)

A beköltözők egyik legjelentősebb motivációja az ausztriai munkavállalás, amely felerősítette a bevándorlási tendenciákat, így a belső migráció elsődleges oka gazdasági eredetűnek tekinthető. (Bertalan, L. – Tóth, B. 2020)

1.3 A társadalmi és gazdasági folyamatok következményei

A város népességének intenzív növekedése nem hagyott elegendő időt a társadalmi folyamatok természetes alakulására. A beköltözők jelentős része Magyarország távolabbi részeiről érkezik, az eltérő kulturális háttér pedig gyakran megnehezíti a szociális kapcsolatok kialakulását, így az eltérő élethelyzetek és életvitelek kölcsönös megértése is korlátozott marad.

Sopron a bevándorlók számára nem feltétlen jelent végső letelepedési helyet, sokkal inkább tekinthető a nyugat kapujának, ahonnan a betelepülők egy része idővel tovább költözik. (Kiss et al.,2018)

Az újonnan érkezők gyakran alacsonyabb jövedelemmel rendelkeznek, mint a korábban betelepült, Ausztriában munkát vállalók vagy a helyi középosztály, így lakhatási lehetőségeik is szűkebbek. (Kaposi, B. 2025)

A társadalmi feszültségek kialakulását az is erősíti, hogy a külföldi munkavállalók adóikkal elsősorban az osztrák gazdaságot erősítik, miközben a helyi közszolgáltatások kapacitását terhelik. A népességnövekedés további, a mindennapokban is érzékelhető következménye a zsúfoltság, amely elsősorban a közlekedési problémákban jelenik meg, és gyakran a bevándorlással kerül összefüggésbe. (Bertalan, L. – Tóth, B. 2020)

Mindezek alapján az ausztriai munkavállalást nem kizárólag a térséget érintő munkaerőpiaci kockázatként értelmezem, hanem a jelenség egyik fő problémáját abban látom, hogy a jelentős számú, a határon túlra ingázó lakos életvitele miatt, Sopron egyre inkább lakóhelyként, és kevésbé önálló gazdasági központként működik, ami az alvóvárosi jelleg erősödéséhez vezet.

1.4. Lakhatás

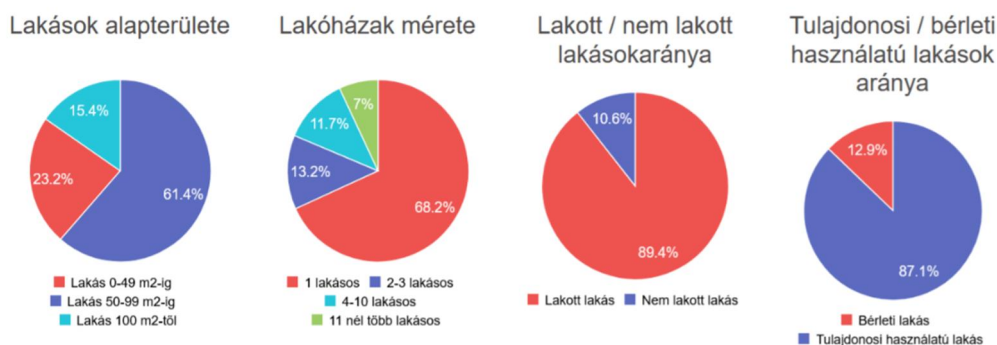
Sopron lakásállománya az elmúlt évtizedekben folyamatosan bővült, azonban a növekedés ellenére a lakhatási piac továbbra is jelentős feszültségeket mutat.

A KSH adatai szerint a lakásállomány az elmúlt tíz évben több mint 10%-kal nőtt, (3. Ábra) ugyanakkor a lakások döntő többségében tulajdonosuk él, ami korlátozza a bérlakásként elérhető ingatlanok számát.

	Terület	2001	2011	2023	Százalékos változás
(Lakásállomány (db))	Ágfalva	584	705	865	1,48
	Sopron	22416	26917	29796	1,33
	Harka	445	588	1020	2,29
(Személygépkocsik száma az üzemeltető lakhelye szerint (db))	Ágfalva	493	698	1305	2,65
	Harka	378	639	1824	4,83
	Sopron	15793	22445	28093	1,78
(Értékesített használt lakások átlagos ára (millió Ft))	Ágfalva		15,52	48,44	3,12
	Harka		15,9	43,57	2,74
	Sopron		11,95	41,38	3,46

3.ábra: Sopron és környékének lakás és személygépkocsi állományának változása
 Forrás: Kaposi, B. (2025). Találkozások a Festő köz oázisában Sopron. Soproni Egyetem

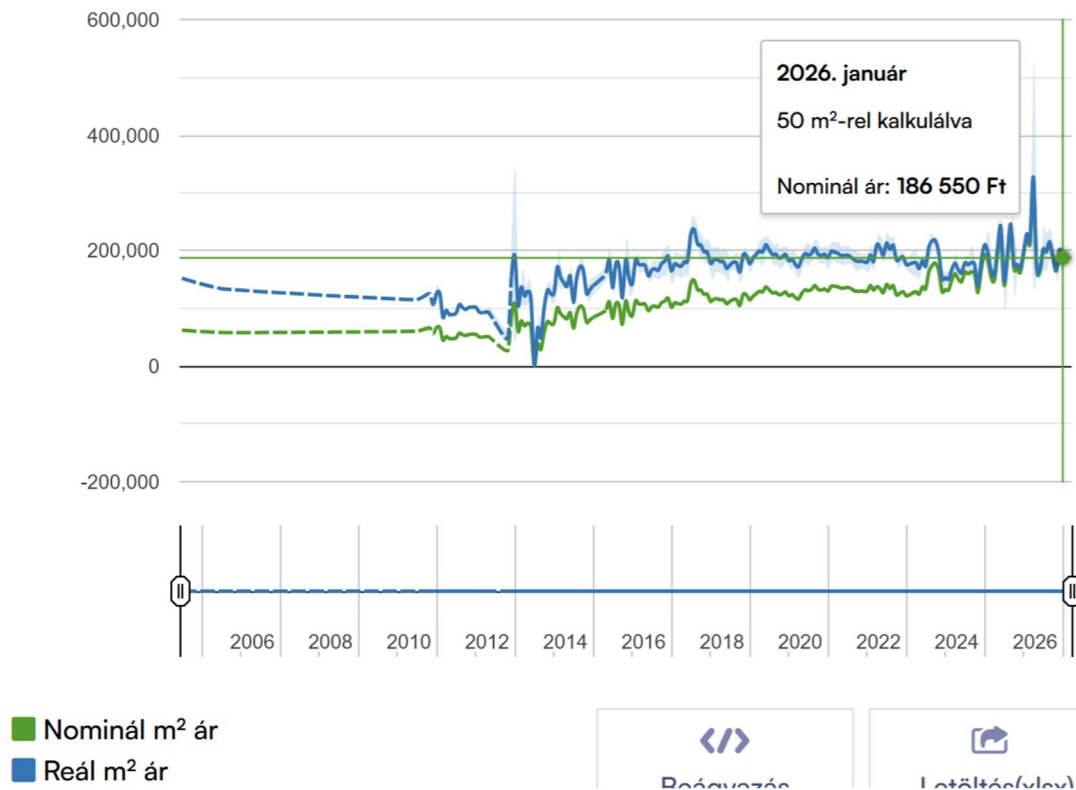
Az ingatlanállomány jellemzően 50–100 m² közötti lakásokból áll. (4. ábra) miközben a kisebb, bérleményként is jól hasznosítható lakások iránti kereslet tartósan magas.



4.ábra: Sopron ingatlanállományát jellemző statisztikák
 Forrás: <https://koltozzbe.hu/ingatlan-statisztikak/sopron> (Letöltve: 2026.05.13)

Ez különösen kedvezőtlen helyzetet teremt azok számára, akik nem rendelkeznek saját ingatlannal, például a városba érkező munkavállalók, egyetemi hallgatók vagy pályakezdők esetében.

Az albérleti piacot a növekvő kereslet jellemzi, amely a lakhatás költségeinek emelkedéséhez vezet. (5. Ábra)



5.ábra: Közepes méretű albérletek havi bérleti díjának alakulása
Forrás: <https://www.ingatlanet.hu/statisztika/sopron> (Letöltve: 2026 05.13)

Ennek következtében a városban való tartós letelepedés egyre nehezebbé válik azok számára, akik a helyi gazdaságban kívánnak részt venni, de nem rendelkeznek megfelelő anyagi háttérrel és helyismerettel.

1.5. Hipotézis

Feltételezhető, hogy a határ menti városok lakhatási problémái nem kizárólag mennyiségi, hanem térbeli és használati jellegűek is.

A jelenség kezelhető olyan rugalmas lakhatási formák alkalmazásával, amelyek képesek alkalmazkodni a változó igényekhez, de elősegítik a helyben maradást is.

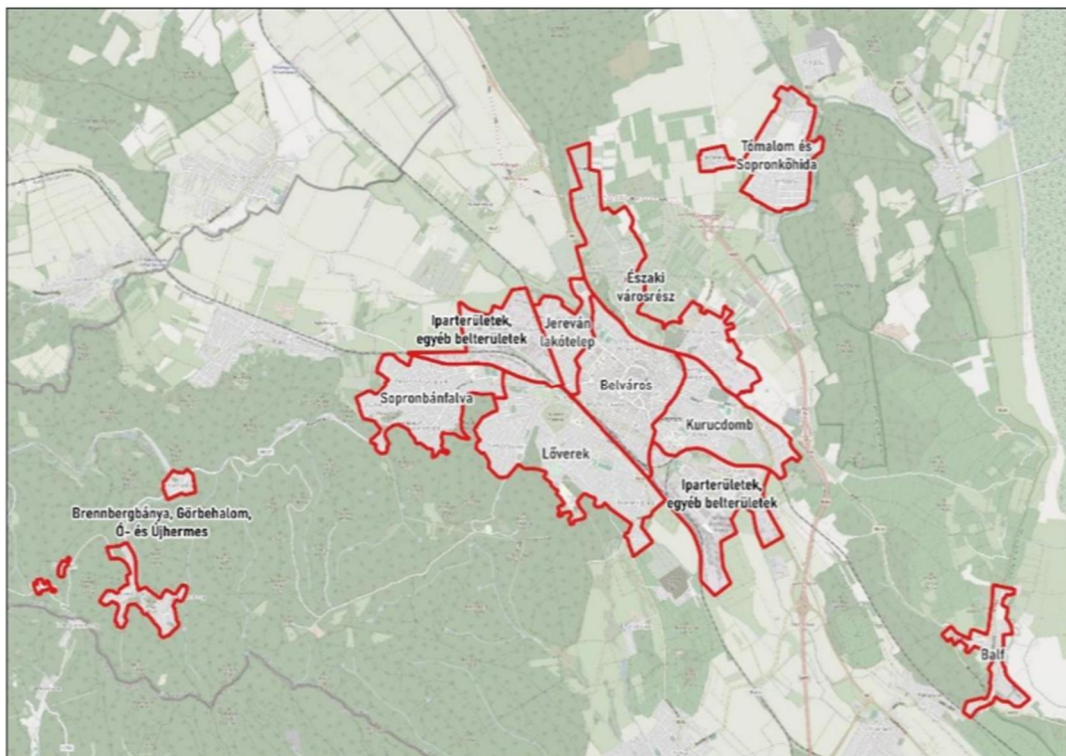
Továbbá feltételezhető, hogy lakónegyedek városszövetbe történő tudatos integrációja javítja a heterogén összetételű lakosság kohézióját az együttélés térbeli feltételeinek biztosításával, és mérsékli az alvóvárosi működés erősödését.

2. A tervezési terület meghatározása

2.1 Sopron városszerkezeti átalakulása

Sopron városszerkezeti fejlődését az elmúlt évtizedekben a népességnövekedéshez kapcsolódó lakóterületi bővülés határozta meg.

A központi belterület a Soproni-medencében helyezkedik el, amelyet a környező domborzati viszonyok részben korlátoznak, így a beépítés a hegylábi zónák irányába folyamatosan terjeszkedik. (6. ábra)



6.ábra: Sopron városrészei

Forrás: *Sopron Megyei Jogú Város Önkormányzata (2025): Sopron fenntartható városi mobilitási terve*

A rendszerváltozás óta a város területe közel másfélszeresére bővült, amely elsősorban a kertvárosias és lakóparki jellegű fejlesztésekhez köthető. (Kuslits, T. 2010)

A város és annak szuburbán térsége a közelmúltban párhuzamosan növekedett, amely eltér a hazai nagyvárosokban jellemző, kifelé irányuló szuburbanizációs folyamatoktól. (Sopron MJV Önkormányzata, 2025)

Az intenzív népességnövekedés a város szétterülését vonta maga után, ami a rendszerváltozás óta közel a másfélszeresére nőtt. (Kuslits, T. 2010)

Az ingatlanpiac kiemelkedő dinamizmusa következtében Sopron az ingatlanfejlesztések egyik célterületévé vált, amely a városperemeken koncentrálódó, nagy volumenű lakóparki és társasházi beruházásokban jelenik meg. (Bertalan – Tóth, 2020)

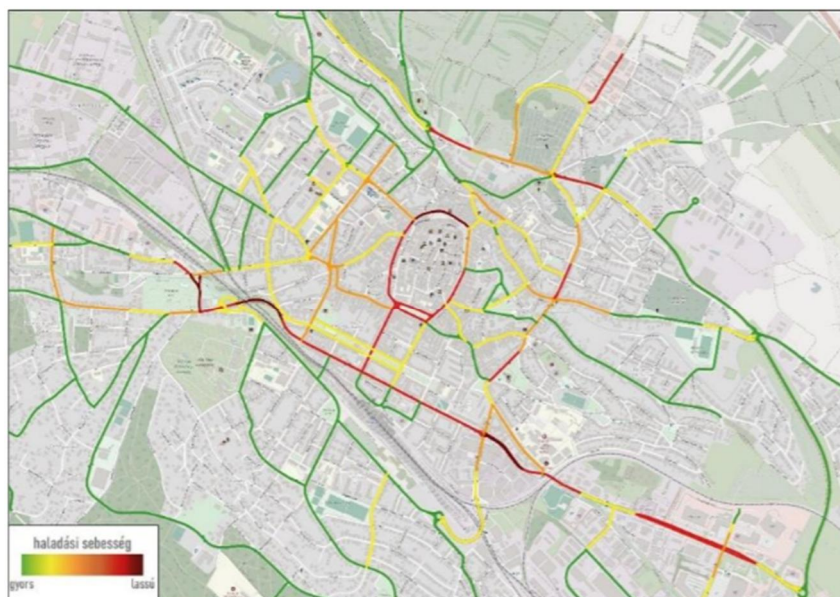
Ez a jelenség közvetlen összefüggésben áll az 1. fejezetben bemutatott demográfiai és munkaerőpiaci változásokkal, amelyek a lakóterületi igények növekedésében és térbeli átrendeződésében jelennek meg.

2.2 A város településszerkezete

A város térszerkezeti alakulása napjainkban elsősorban azokon a területeken koncentrálódik, ahonnan az országhatár és az M85-ös gyorsforgalmi út könnyen elérhető.

A belvárost érintő lakáscélú fejlesztések aránya ezzel szemben alacsony, mivel a városmag közelében megvalósuló társasházak magasabb építési költségei következtében a lakások fajlagos ára meghaladja a peremterületeken kialakuló lakóparki ingatlanok árszintjét. (Kuslits, T. 2010)

A központi területek vonzerejét tovább csökkenti a túlterhelt közlekedési infrastruktúra és a korlátozott parkolási kapacitás. (7. ábra) Ennek következtében a lakófejlesztések a város peremterületei felé tolódtak, amely a belterület kiterjedésének növekedéséhez vezetett.



7.ábra: Sopron belvárosában tapasztalható torlódás

Forrás: Sopron Megyei Jogú Város Önkormányzata (2025): Sopron fenntartható városi mobilitási terve

Az újonnan kialakuló lakóterületek azonban sok esetben nem rendelkeznek megfelelő minőségű közlekedési és közmű-infrastruktúrával. A hiányos úthálózat, a gyenge közterületi kialakítás és az elégtelen közműellátottság arra utal, hogy a fejlesztések üteme meghaladja az önkormányzati infrastruktúrafejlesztés lehetőségeit. (Kaposi, B. 2025)

A problémát tovább erősíti, hogy az új városrészek gyakran funkcióhiányosak, így az ott élők nagymértékben függenek a város más részein elérhető szolgáltatásoktól. Ez a szétterülő városszerkezetben az egyéni közlekedési igények növekedéséhez vezet, és tovább fokozza a városmag közlekedési terhelését. (Bertalan – Tóth, 2020)

A város területi expanzióján túl szembevetendő, hogy a belső, kedvező elhelyezkedésű, korábban ipari vagy honvédségi funkciójú területek jelentős része alulhasznosított, funkcióváltásuk pedig nem ment végbe megfelelő mértékben. (8. ábra)



8.ábra: Sopron ipari-gazdasági területeinek barnamezős indexe

Forrás: Jankó, F. – Bertalan, L. (2009): Egy sosemvolt iparváros ipari öröksége: barnamezők Sopronban. Tér és Társadalom

Ezek a területek élettelen zárványként jelennek meg a városmaghoz közeli településrészekben, ugyanakkor elhelyezkedésükből adódóan jelentős fejlesztési potenciált hordoznak.

2.3. Az akcióterület ismertetése

A korábban bemutatott, belső elhelyezkedésű, alulhasznosított területek közül a diplomamunka vizsgálati területeként Sopron északnyugati részén található iparterület északkeleti sarkát jelöltem ki.

A rendszerváltozást követő gazdasági átalakulás eredményeként a korábban egybefüggő, területileg pazarló iparterületek funkcionálisan felaprózódtak, miközben övezeti besorolásuk nagyrészt változatlan maradt. (Jankó – Bertalan, 2009)

A jelenleg hatályos szabályozási terv szerint a Baross út és a Somfalvi utca közötti terület besorolása kereskedelmi, szolgáltató gazdasági építési övezet.

A 2008-as Integrált Városfejlesztési Stratégia a városrész gazdasági és lakófunkciójának további erősítését nem tartotta kívánatosnak. Ugyanakkor a barnamezős területek rehabilitációjának szükségességére szakmai források is felhívják a figyelmet. (Jankó – Bertalan, 2009)

A terület határ felé irányuló gépjárműforgalmának kedvez az M85-ös gyorsforgalmi út északi elkerülő szakaszának 2024-es megépítése, amelyhez a Somfalvi utca közvetlen kapcsolattal rendelkezik. A Somfalvi utat a város irányába meghosszabbító Táncsics Mihály utcától mintegy 900 m-re található a városközpont, így megállapítható, hogy a területhez kapcsolódó, jelenleg kevésbé terhelt úthálózaton keresztül a belváros akár gyalogosan is elérhető. (9. Ábra)



9.ábra: Sopron főbb útvonalai forgalmának alakulása (a tervezési terület sárga ponttal jelölve)
 Forrás: Sopron Megyei Jogú Város Önkormányzata (2025): Sopron fenntartható városi mobilitási terve

A városrész közlekedési kapcsolatainak javítása érdekében a közelmúltban konkrét fejlesztési elképzelések is megjelentek, amelyek a vasúti infrastruktúra által kettéválasztott északnyugati városrész összekapcsolását célozzák, többek között egy aluljáró létesítésének lehetőségével a Besenyő utca térségében a 2021–2027 közötti időszakban. (Sopron MJV Önkormányzata, 2025)

A már bekövetkezett gazdasági és tervezett infrastrukturális változások – különösen a közlekedési kapcsolatok átrendeződése, a lakhatási igények növekedése, valamint a város szétterüléséből adódó problémák – a terület potenciáljának felértékelődését eredményezik, így indokoltá teszik a fejlesztési stratégia újragondolását.

Az ipari tevékenységek visszaszorulásával a terület környezetterhelése jelentősen csökkent, ami új típusú hasznosítási lehetőségeket vet fel, beleértve a lakófunkció fejlesztésének lehetőségét is.

2.4. A tervezési terület adottságai

A vizsgált, sík terület megközelítőleg 30 000 m² kiterjedésű. Több, eltérő méretű és rendeltetésű helyrajzi számú ingatlanból áll. (10. ábra)

Hrsz.:	Teljes terület [m ²]	Tervezésbe vont terület [m ²]	Jelenlegi rendeltetés	Beépíttség	Épületállomány
4299 8	24000	24000	Gázmű	2%	kisebb épületek
4295 1	830	830	Építőanyag kereskedés	0%	nincsen
4294 2	9100	3540	Építőanyag kereskedés	50%	csarnokok
4294 1	360	80	Tárolók	30%	garázsok
3369	470	40		0%	nincsen
3368	410	110		10%	hétvégi ház
3367	390	20		10%	hétvégi ház
3365	390	230		0%	nincsen
3364	330	250		0%	nincsen
3363	370	290		0%	nincsen
Teljes tervezési terület [m ²]		29390			

10.ábra: A tervezési területen található helyrajzi számok főbb paraméterei
 Forrás: Saját szerkesztés

Az elrendezés a korábbi ipari és gazdasági használat lenyomatát őrzi, amely fragmentált, heterogén beépítési viszonyokat eredményez. A terület egészére jellemző az alacsony beépítettség és az alulhasznosítottság.

A telkek megközelítése – a 4299/8 hrsz.-ú ingatlan kivételével – jellemzően a burkolat nélküli Babits Mihály utca felől történik, míg a gázmű által használt (4299/8) terület a Somfalvi út irányából érhető el, szintén kiépítetlen útszakaszon keresztül.

A közlekedési infrastruktúra hiányosságai a terület feltárását és intenzívebb hasznosítását jelentősen korlátozzák.

A terület környezete vegyes karakterű: amíg délnyugati irányban 5 szintes, hagyományos szerkezetű társasházak, délkeleti irányban 6 szintes panelépületek határolják. Addig az északnyugati oldalon ipari funkciójú csarnoképületek, északkeleti irányban pedig a telekhatártól mintegy 50-100 m-re húzódó vasútvonal található.

A hatályos szabályozási terv a terület városszövetbe történő integrálása érdekében egy új, burkolt, kétirányú közúti kapcsolat kialakítását irányozza elő.

A tervezett útvonal a meglévő Babits Mihály utcából kiindulva délnyugati irányba fordul a vasútnál, majd az ipari területen keresztülhaladva egy kereszteződést követően kapcsolódik Baross út és a Somfalvi útra, ezáltal többirányú feltárást biztosítva a terület számára. (11. ábra)



12.ábra: A tervezési terület közműellátottsága

Forrás: <https://ekozmu.e-epites.hu/lakossag/#/lakossag/kozmuterkep> (Letöltve: 2026.05.13)

A hatályos szabályozás szerint a vizsgált helyrajzi számok beépítési módja szabadonálló, az épületmagasság legnagyobb megengedett mértéke 15 m, míg a térszint feletti beépítettség maximális mértéke 60%. (13. ábra)

7. TÁBLÁZAT

7. Gksz jelű kereskedelmi szolgáltató gazdasági építési övezet								3. MELLÉKLET 7. TÁBLÁZAT	
I	A	B	C		E		G	H	I
	építési övezet jele	beépítési mód	kialakítható telek legkisebb		beépítettség legnagyobb mértéke terepszint		zöldfelület legkisebb mértéke %	épületmagasság legnagyobb mértéke m	
			területe m ²	szélessége m	felett %	alatt %			
6	Gksz-SZ/5	SZ	10 000	-	60	70	20	12,0	

13.ábra: A terület beépíthetőségét korlátozó paraméterek

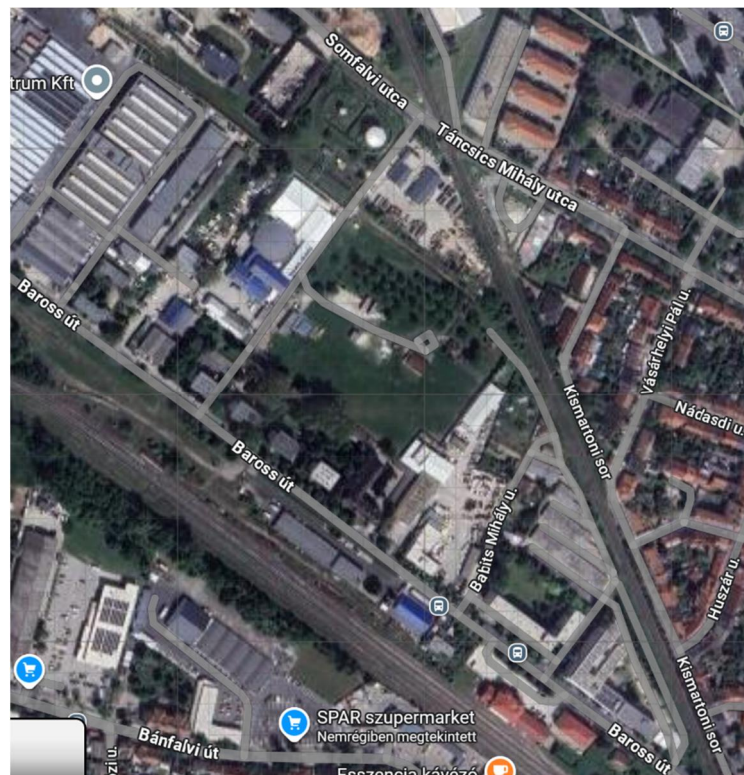
Forrás: Szabályozási terv, 39/2021. (XII. 28.), 16/2022 módosítás 3. sz. melléklete

A tervezési terület több, összesen mintegy tíz darab helyrajzi számból áll, amelyek közül a központi telek a teljes terület közel 80%-át lefedi. A tervezés során a területet egységes, egybefüggő fejlesztési területként kezeltem.

3. Tervezési program

3.1 A tervezési programot meghatározó területi adottságok és célkitűzések

Az északnyugati iparterület Sopron alacsony lélekszámú városrészei közé tartozik, ahol a lakófunkció elsősorban a Baross út mentén koncentrálódik. (14. Ábra) A környező lapostetős társasházak jellemzően szabadonálló beépítésűek, amelyekhez elő- és oldalkertek kapcsolódnak, ezáltal szellős, kisvárosias karaktert eredményezve. A környező lakóépületek használati jellege alapján feltételezhető a fiatalabb, munkaképes korú háztartások jelenléte is.



14. ábra: Műholdkép a területről

Forrás: <https://www.google.com/maps> (Letöltve: 2026.05.13)

A mindennapi ellátást biztosító létesítmények csak nagyobb távolságon belül érhetőek el, ami rontja a lakosság komfortérzetét. A közlekedési kapcsolatok a Baross út irányába kedvezőek, a gyalogos megközelítés alapvetően biztosított. A Somfalvi út járdái azonban felújításra szorulnak. Az akcióterület közvetlen környezetében több helyi autóbusszjárat is közlekedik, a Baross út – Déli pályaudvar megálló közvetlenül a vizsgált terület közelében található, ami a terület tömegközlekedéssel történő elérhetőségét kedvezővé teszi.

A parkolási kapacitások korlátozottak, a járművek elhelyezése sok esetben a közterületek túlhasználatahoz vezet, ami hosszabb távon a környezeti minőség romlását eredményezi. (Sopron MJV Önkormányzata, 2025)

A feltárt adottságok alapján a területen olyan beépítés kialakítása indokolt, amely nem kizárólag lakófunkciót tartalmaz, hanem képes a hiányzó szolgáltató elemek részleges pótlására is. A kedvező tömegközlekedési ellátottság lehetőséget teremt olyan használati struktúra kialakítására, amely kevésbé épül a személygépjármű-használatra, és nagyobb hangsúlyt helyez a gyalogos, kerékpáros és közösségi közlekedési kapcsolatokra.

A meglévő kisvárosias karakter megőrzése mellett elvárásként fogalmazható meg az összefüggő zöldfelületi rendszer kialakítása. A közlekedési és gépjárműelhelyezési problémák kezelésére a fejlesztés során biztosítani szükséges a megfelelő mértékű parkolási kapacitást, valamint a gyalogos és kerékpáros kapcsolatok erősítését a környező úthálózat irányába, különös tekintettel a Baross út felé történő kapcsolódásra. Mindezek alapján olyan használati koncepció kialakítását találom szükségesnek, amely a különböző élethelyzetben lévő használói csoportok együttélését és életminőségét egyaránt támogatja.

3.2 A megtervezésre kerülő funkciók beazonosítása

A tervezett fejlesztés elsődleges célja a lakóhelyteremtés, amelynek célcsoportját elsősorban egyetemisták, fiatal pályakezdők, valamint a családalapítás különböző szakaszaiban lévő fiatal háztartások alkotják. Ennek megfelelően olyan bérlakás alapú lakhatási forma kialakítását tűztem ki célul, amely a használók élethelyzetének változásához alkalmazkodni képes, és egyfajta lakhatási folytonosságot biztosít a pályakezdéstől a családalapítást követő élethelyzetekig. A rendszer egyaránt lehetőséget biztosít a rövid távú használatra, valamint a hosszabb távú helyben maradásra is.

A terület közvetlen környezetében az élelmiszerek és egyéb fogyasztási cikkek beszerzése csak nagyobb gyalogos távolságon belül biztosított, ezért indokolt egy helyben elérhető, vegyes használatú kereskedelmi egység kialakítása.

A lakófunkciót kiegészítve olyan vendéglátó jellegű funkció létrehozása is szükséges, amely a napi étkezési igények kiszolgálására alkalmas, és a környező iparterületen dolgozók számára is elérhető.

A tervezett beépítés részeként egy közösségi iroda jellegű tér is helyet kap, amely a környéken működő kis- és középvállalkozások, valamint fiatal egyéni vállalkozók számára rugalmas munkavégzési lehetőséget és együttműködési felületet biztosít.

A terület használatát erősítve nyitott, közösségi jellegű zöldfelületek jelennek meg, amelyek nemcsak az új beépítéshez, hanem a meglévő épületállományhoz is kapcsolódnak. Ennek eredményeként közpark jellegű tér alakul ki, amely rekreációs lehetőséget kínál, és olyan kiegészítő elemek befogadására is alkalmas, mint például egy kávézó vagy játszótér. (2.sz Melléklet)

3.3 Beépítési és telepítési koncepció

Az épülettömegek elhelyezését a jelenlegi szabályozási keretek önmagukban kevésbé határozzák meg, a környező beépítés karaktere azonban annál erősebb orientáló tényezőként jelenik meg. A délnyugati irányban elhelyezkedő lakóépületek a Baross úttal párhuzamosan fésűs jellegű beépítést alkotnak, ahol az épülettömegeket velük közel azonos szélességű oldalkertek választják el egymástól. A Baross út menti épületek utcára merőleges középtengelyeinek meghosszabbításával egy olyan sávos rendszer rajzolódik ki, amely a keresztirányú tagolással együtt egyfajta rácszerű struktúrát eredményez, amely a tervezett beépítés elhelyezéséhez elsődleges támpontot biztosított. (17.Ábra)

A délnyugati irány kedvező tájolási és kilátási adottságokkal rendelkezik, ezért a beépítés szervezése során ez a tengely kiemelt jelentőségű. Ezzel ellentétesen, észak–északkelet felé forgalmas vasútvonal húzódik, amely zaj- és környezeti terhelése révén korlátozza a lakófunkciók kedvező elhelyezését. Ennek következtében az épületek szervezése során ez az irány elsősorban másodlagos használatú homlokzatok kialakítására alkalmas. (12.Ábra)

A délnyugati és nyugati oldalon a gázmű létesítménye, valamint a jelenleg is működő ipari területek jelenléte biztonsági és zajvédelmi szempontból egyaránt védőtávolság kialakítását teszi szükségessé. A területen délkelet–északnyugat irányban áthaladó szénhidrogén-gerincvezeték jelentősen korlátozza a beépíthető területeket, így a kialakítás során meghatározó korlátozó tényezőként jelenik meg. (12.Ábra)

A koncepció egyik alapvető törekvése, hogy a beépítés a környező, kevésbé intenzíven hasznosított területek felé nyisson. Ennek megfelelően a tömegek elhelyezése során kiemelt szempont volt, hogy az épületek lakóterekhez kapcsolódó homlokzatai ne egymásra, illetve ne a meglévő épületállomány felé legyenek tájolva. A tömegek elrendezése ortogonális raszter szerint szervezett, de az eltolással kialakított telepítés lehetővé teszi a kölcsönös árnyékolás minimalizálását.

A telepítés célja nem egy zárt lakópark létrehozása, hanem olyan átjárható, zöldfelületekkel tagolt beépítés kialakítása, amely a meglévő városszövethez kapcsolódva új találkozási pontként működik, miközben a megfelelő tájolás révén a környezeti hatásoktól védett lakóterületeket eredményez. (2.sz. Melléklet)

3.4 A lakóépületek használati és alaprajzi koncepciója

A lakóépület kialakításának kiindulópontját egy egyszerű, kompakt tömegképzés adja, amely a diszfunkcionális terek minimalizálásával és a használati igények figyelembevételével alakul végleges formájára. A tervezés korai szakaszában egyértelművé vált, hogy a lakófunkciókat célszerű elválasztani a térszint közvetlen használati zónáitól. A földszinti lakások közvetlen kapcsolata a közhasználatú zöldfelületekkel a privátszféra sérülését eredményezné, ezért a lakóegységek a terepszint feletti szinteken kaptak helyet.

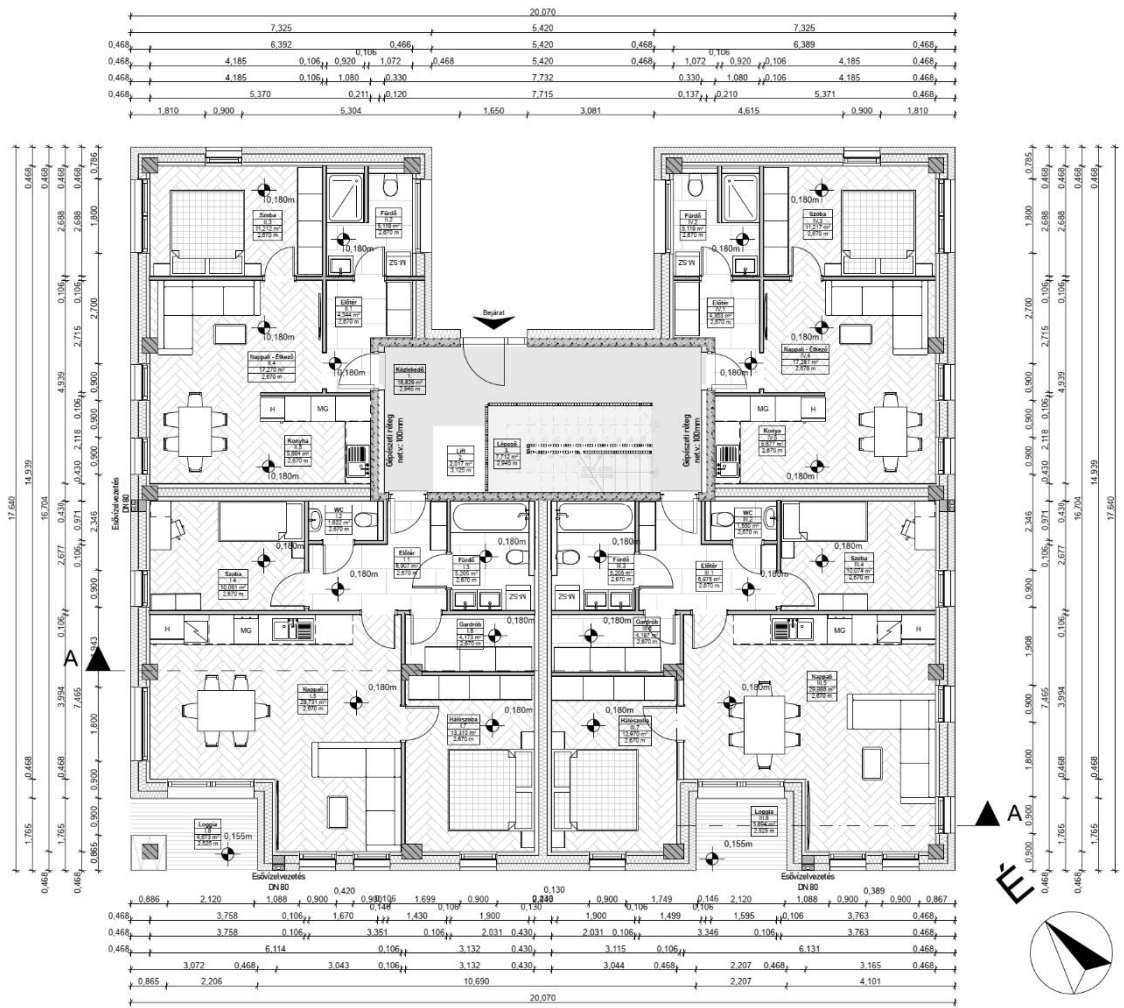
A lakások szervezése a központi lépcsőház köré történik, amely lehetővé teszi a közlekedőterek arányának minimalizálását. A közlekedők az épülettömegeken belül a kedvezőtlenebb tájolású oldalakhoz kapcsolódnak.

A kialakítás során két lakástípus jelenik meg: a kisebb, mintegy 44 m² alapterületű lakások elsősorban egyedülállók és fiatal párok számára alkalmasak, és a kevésbé kedvező tájolású homlokzatok mentén helyezkednek el. A nagyobb, körülbelül 76 m²-es lakástípus minden esetben délnyugati tájolású, és a családalapítás különböző szakaszaiban lévő használók igényeire reagál. Szintenként mindkét lakástípusból két-két egység kerül kialakításra.

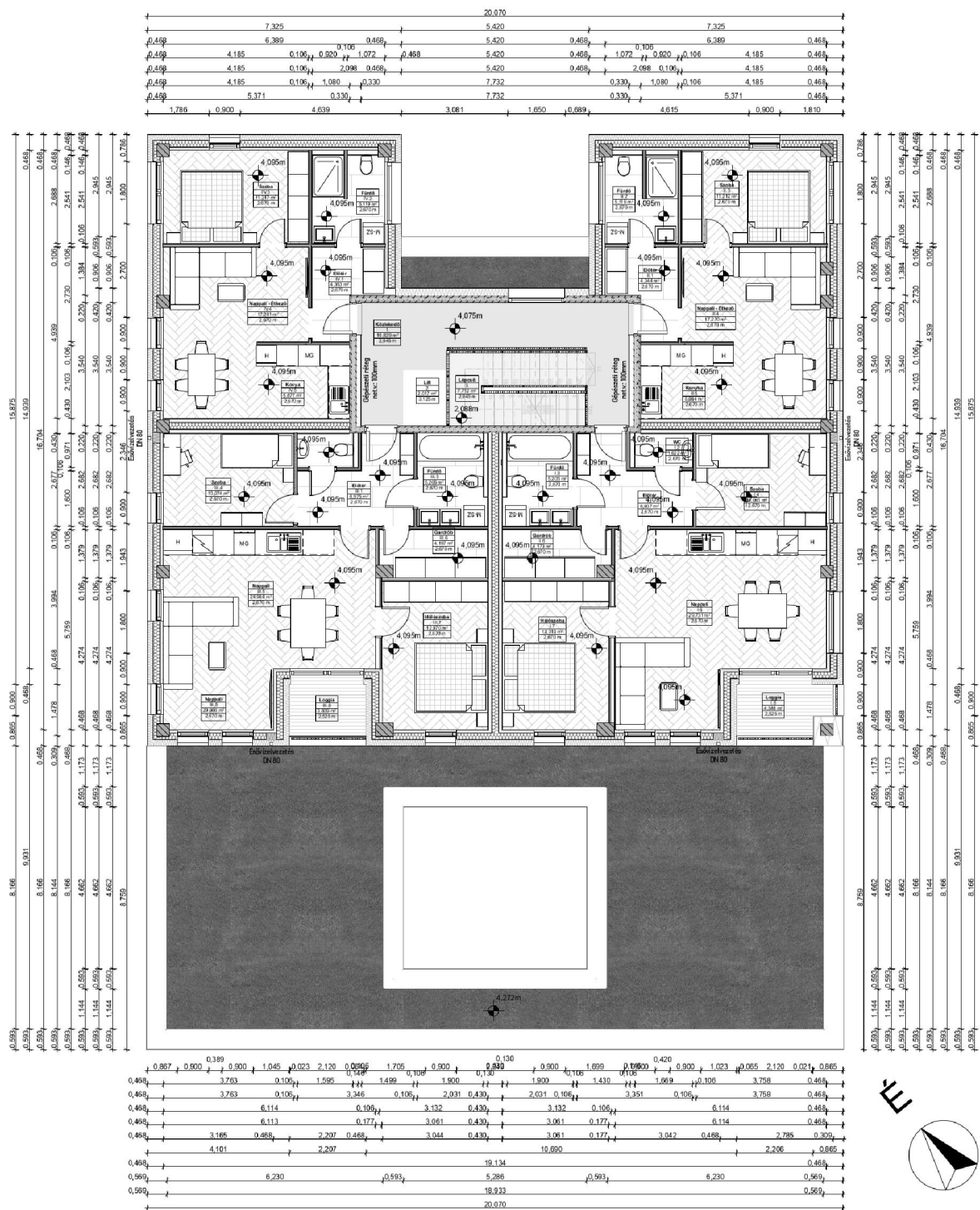
Mindkét lakástípus esetében meghatározó szervezőelem a központi nappali tér, amelyből a további helyiségek közvetlenül elérhetők. A dedikált közlekedőterek minimalizálása mellett további szempont volt, hogy az érkezésnél egy átmeneti, előszobaként értelmezhető tér biztosítsa a privát szféra fokozatos megközelítését.

A hosszabb távú használat biztosítása érdekében megfelelő mértékű tárolókapacitás került kialakításra mindkét esetben. A nagyobb lakások esetében a kültérrel való közvetlen kapcsolat loggia kialakításával valósul meg.

A kialakított lakóépületekben mindkét lakástípusból egyenlő arányban, összesen 28–28 darab egység került kialakításra. (15-16. ábra)



15.ábra: Lakóépület I. Szintjének alaprajza
 Forrás: Saját szerkesztés (I. sz. Melléklet)



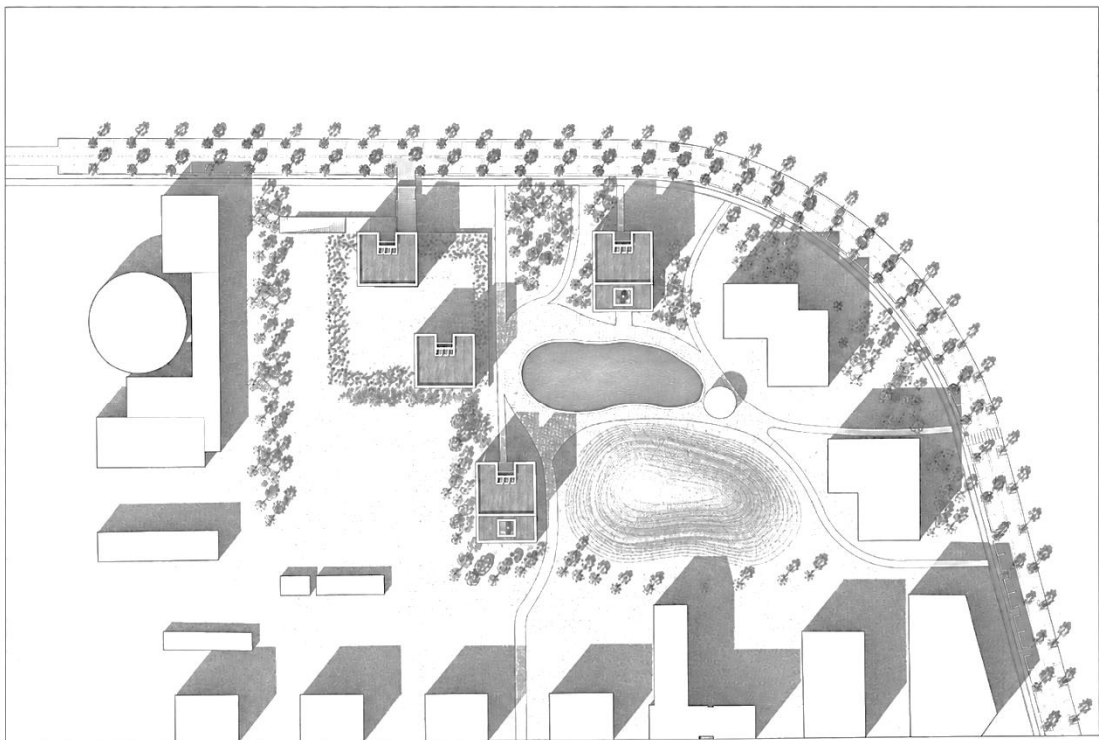
16.ábra: Lakó, szolgáltató épület II. Szintjének alaprajza
 Forrás: Saját szerkesztés (3. sz. Melléklet)

3.5 A szolgáltatók használati és alaprajzi koncepciója

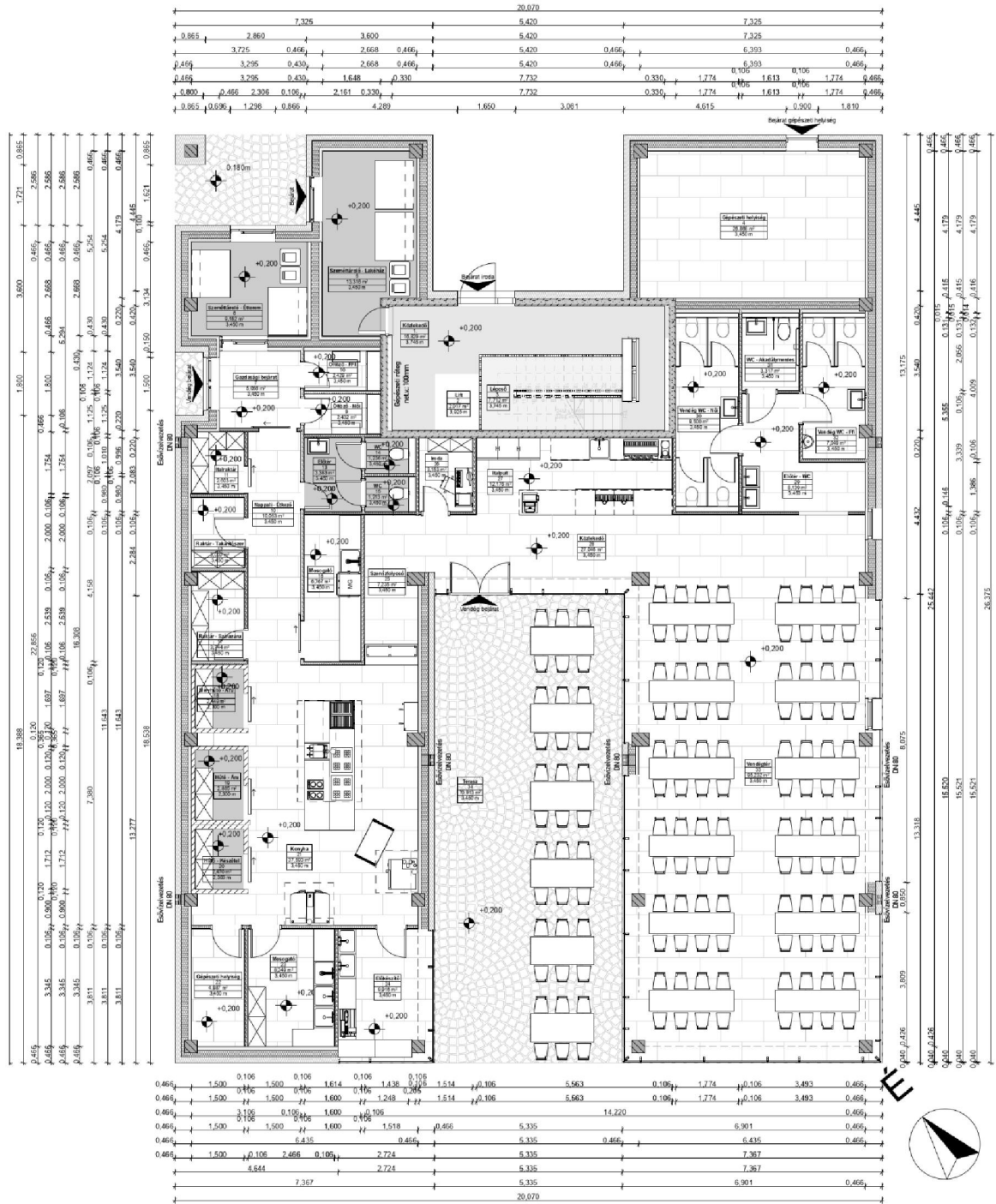
A szolgáltató funkciók elhelyezése során alapvető szempont volt, hogy a lakóterületek és a közösségi zöldfelületek között átmeneti zónát képezzenek. Ennek

eredményeként a közpark felé intenzívebb, nyitottabb használat jelenik meg, míg a lakóterületek irányába fokozatosan csökken a terhelés, ugyanakkor a két zóna közötti átjárhatóság biztosított marad. (17. ábra)

A szolgáltatók közül a legnagyobb alapterülettel a kávézó rendelkezik, a jelentős alapterületi igényt az üzemeltetés gazdaságossági követelményei határozták meg. A raktározási, előkészítési és konyhai területek jelentős helyigényt képviselnek, míg a vendégtér szervezése az ebéddidőben koncentráltan jelentkező forgalom kiszolgálására irányul, közelítően egyidejűleg közel 100 fő kapacitással. A konyhai terek rendszere és a vendégtér elrendezése a menüt kínáló étterem működési rendjét követik, az élelmiszer-biztonsági előírások figyelembevételével. Tervezési szempontként jelent meg, hogy az étterem közvetlen kapcsolatban álljon a parkkal, ugyanakkor a kiszolgálási folyamatokhoz illeszkedően az ételfutárok számára is könnyen megközelíthető legyen. (18. ábra)



17.ábra: *Helyszínrajz*
Forrás: *Saját szerkesztés*

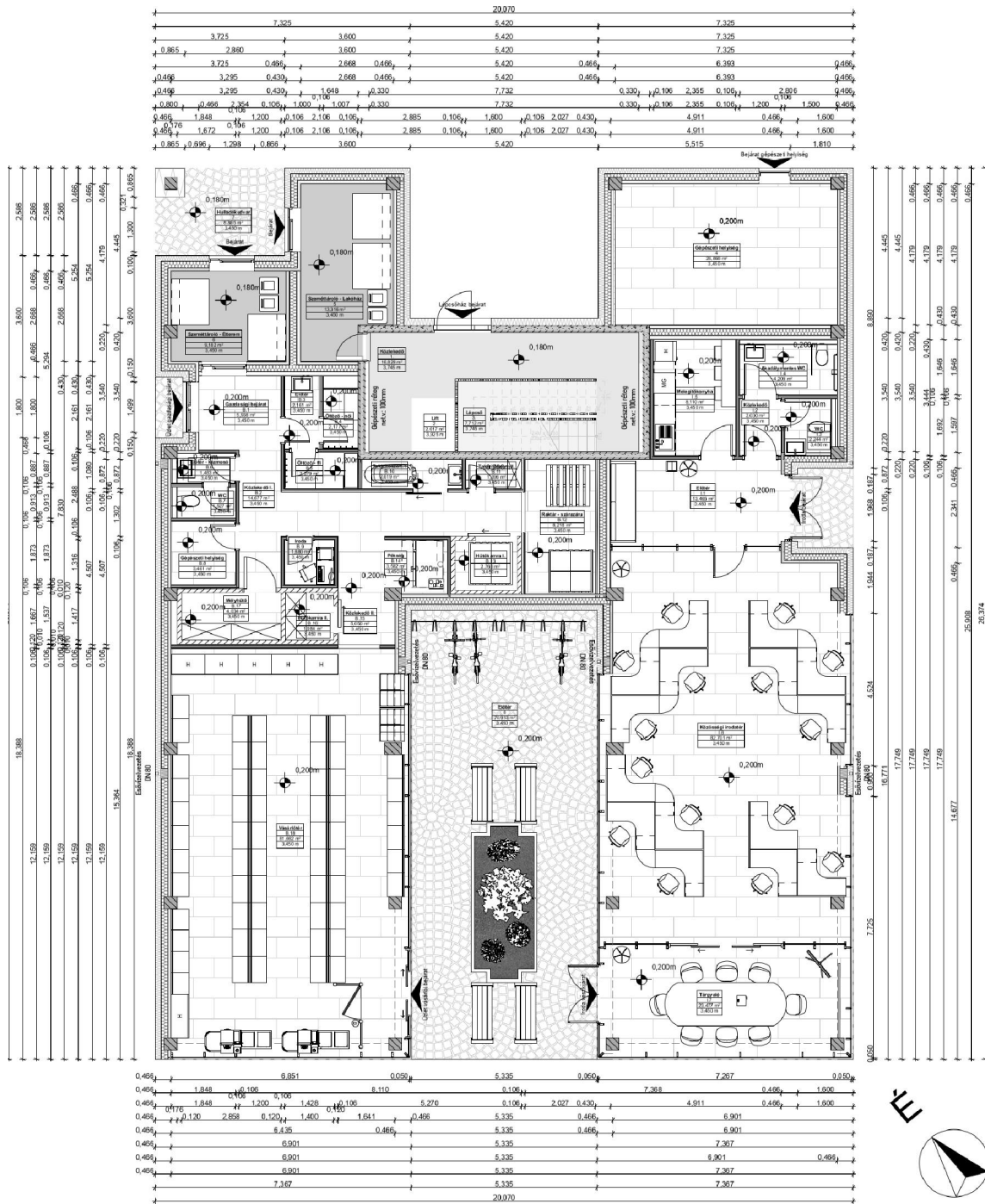


18.ábra: Szolgáltató épület - Étterem I. Szintjének alaprajza
 Forrás: Saját szerkesztés (4. sz. Melléklet)

A kiskereskedelmi egység esetében alapvető cél volt, hogy a funkció ne kizárólag a lakóállomány kiszolgálására korlátozódjon, hanem a városrész felé is nyisson. A használati jellegből adódóan az üzlet elhelyezése közeli kapcsolatban áll a parkolókapacitással. A raktározási, logisztikai és hulladékkezelési egységek közvetlenül kapcsolódnak a beszállítók számára fenntartott kiszolgáló felületekhez. A főbejárat

délnyugati tájolást kapott, biztosítva a gyalogos megközelítés egyértelmű kapcsolatát a lakóterületek irányából. (17. ábra)

A közösségi iroda alacsonyabb intenzitású zónába került. A funkció elsősorban napközbeni használathoz kapcsolódik, ezért a nyugodtabb környezeti kapcsolatok voltak meghatározók. A keleti tájolás a délelőtti benapozást biztosítja. A belső térszervezés a különböző használati módok elkülönítésére épül, a nyitott munkaterek mellett kisebb, zártabb egységek kialakításával. (19. ábra)



3.6 Üzemeltetés és kiszolgálás

Az épületegyüttes működéséhez kapcsolódó üzemeltetési és kiszolgálási rendszerek kialakítása során a különböző rendeltetésekből adódó forgalmak összehangolása alapvető tervezési szempont volt. A parkolás, a beszállítás, a hulladékkezelés és a gépészeti kiszolgálás egységes rendszerként került kialakításra.

A parkolási igények becslése a hatályos előírások figyelembevételével történt. A szükséges kapacitás döntő része telken belül, félszuterén teremgarázsban került elhelyezésre. A mintegy 3600 m² alapterületű parkolószint biztosítja a szükséges férőhelyeket, miközben a felszíni területek elsősorban gyalogos és közösségi használat számára maradnak fenntartva. A közterületi, parkolóhelyek a rendszert kiegészítő szerepet töltenek be, elsősorban a rövid idejű megállás és a látogatói forgalom kiszolgálására. (17. ábra)

A hulladékkezelési rendszer kialakítása során az eltérő rendeltetésekből adódó forgalmak elkülönítése kiemelt szerepet kapott. Ennek megfelelően a gyűjtés és elszállítás a kiszolgáló útvonalakra szerveződik, amelyek szervizutak, valamint többfunkciós burkolt felületek. A teremgarázzsal rendelkező épülettömb esetében a hulladéktárolás a pincszinten történik, míg a többi épületben a lépcsőházból nyíló, elkülönített helyiségek biztosítják a gyűjtést. A kialakított kiszolgáló útvonalak egyben megfelelnek a gépesített mentés követelményeinek is.

Az épületek fűtési és hűtési rendszere vegyes kialakítású. A Baross út, az Ebenfurthi vasútvonal, valamint az iparterület irányából rendelkezésre áll a távhőhálózatra történő csatlakozás lehetősége, amely a fűtést és a használati melegvíz-ellátást biztosítja. (12.Ábra) A hűtés elsősorban hőszivattyús rendszerrel történik. Ennek működtetéséhez az épületekben, illetve a teremgarázs szintjén kialakított gépészeti helyiségek biztosítják a szükséges kapacitást, míg a kültéri egységek elhelyezése a lapostetőkön, illetve az iparterület felőli oldalon, a szervizút mentén történik.

4. Épületszerkezeti munkarész

4.1 Általános szerkezeti koncepció

A tervezett épületek szerkezeti kialakítása egy közös, iparilag skálázható rendszerre épül, amely a választott rendeltetés függvényében többféle alaprajzi kialakítást tesz lehetővé. Az épületek központi, füstmentes lépcsőház köré szerveződnek, amely a menekülésbiztonság szempontjából meghatározó jelentőségű, különösen a faalapú szerkezetek tűzvédelmi követelményeinek biztosítása miatt.

A szerkezeti rendszer alapját előregyártott vasbeton pillérek, fa–beton öszvér TCC födémek (TTC - *Timber–Concrete Composite*), valamint központi vasbeton merevítőmag alkotják. A rendszer megválasztásának egyik meghatározó szempontja az előregyárthatóság volt, amely a helyszíni kivitelezési idő csökkentését és a szerkezeti elemek üzemi körülmények között kontrollált minőségű előállítását teszi lehetővé.

A födémpanelek a pillérvázás rendszerhez és a vasbeton maghoz kapcsolódva szintenként zárják a vázszerkezetet. A külső térelhatárolás nem teherhordó, előregyártott, faalapú bordavázás falszerkezetekkel történik, amelyek a pillérraszterhez illeszkedve egységes homlokzati rendszert alkotnak. Az épületek zárófödémjei extenzív zöldtetőként kerülnek kialakításra. (20. ábra)



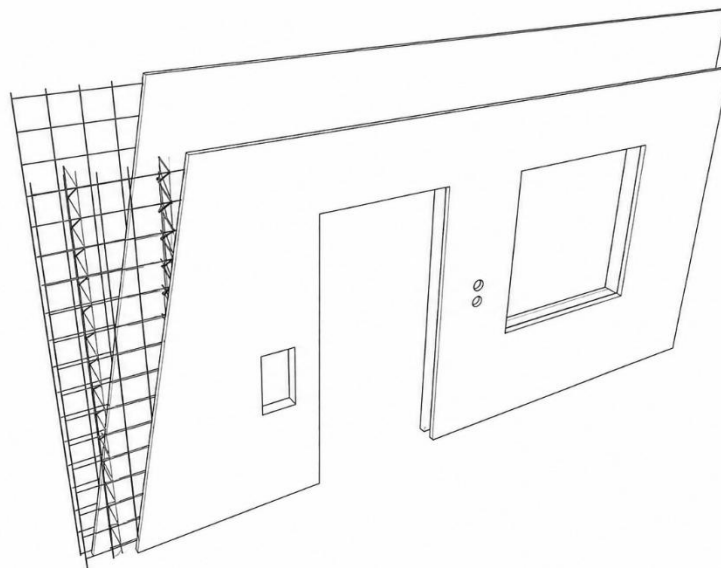
20.ábra: Lakóépület – A-A metszet
 Forrás: Saját szerkesztés (1. sz. Melléklet)

4.2 A primer tartószerkezeti rendszer épületszerkezeti kialakítása

4.2.1 Vasbetonmag

A központi vasbeton mag – beleértve a falakat, közbenső födémrészeket, pihenőket és a zárófödémeket – előregyártott kéregfalas rendszerrel készül, míg a lépcsőkarok szintén előregyártott elemekként kerülnek beépítésre. A rendszer két, üzemi körülmények között gyártott vasbeton kéregből áll, amelyek közötti üreg a helyszínen kerül kibetonozásra.

A kéregfalas technológia alkalmazása lehetővé teszi a helyszíni zsaluzási munkák csökkentését, valamint a szerkezeti elemek pontosabb kialakítását. Az áttörések, szerelvénydobozok, valamint a lift és egyéb gépészeti elemek helyei már az előregyártás során kialakíthatók, ezáltal a helyszíni utólagos beavatkozások mértéke csökkenthető.
 (21. ábra)



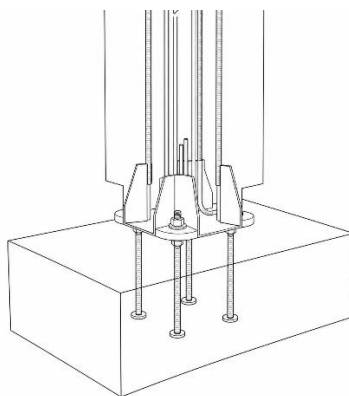
21.ábra: Kéregfal sematikus ábrája
 Forrás: Saját szerkesztés

A vasbeton mag egyben az épület gépészeti rendszereinek szervezésében is meghatározó szerepet tölt be. A csapadékvíz-elvezetés, a szennyvízlevezetés, valamint a kiszellőztető vezetékek a lépcsőházi tér sarkaiban, a falszerkezet mentén kialakított gépészeti aknában kerülnek elhelyezésre. Ezek szerelt előtétfallal leválasztva, szerelőnyílásokon keresztül hozzáférhető módon készülnek. A villamos vezetékek elhelyezése hasonló elv szerint, koncentrált rendszerben történik, amely az üzemeltetés és karbantartás szempontjából kedvező.

4.2.2 Vasbeton pillérváz

Az épület szerkezeti rendszere előregyártott vasbeton pillérvázra épül, amely szintenként azonos raszterkiosztás szerint kerül kialakításra. A központi vasbeton mag zónájában a födécek egyik oldalán a pillérvázhoz, másik oldalán a mag szerkezetéhez csatlakoznak, míg az épület többi részén a teherátadás a pillérrendszeren keresztül történik.

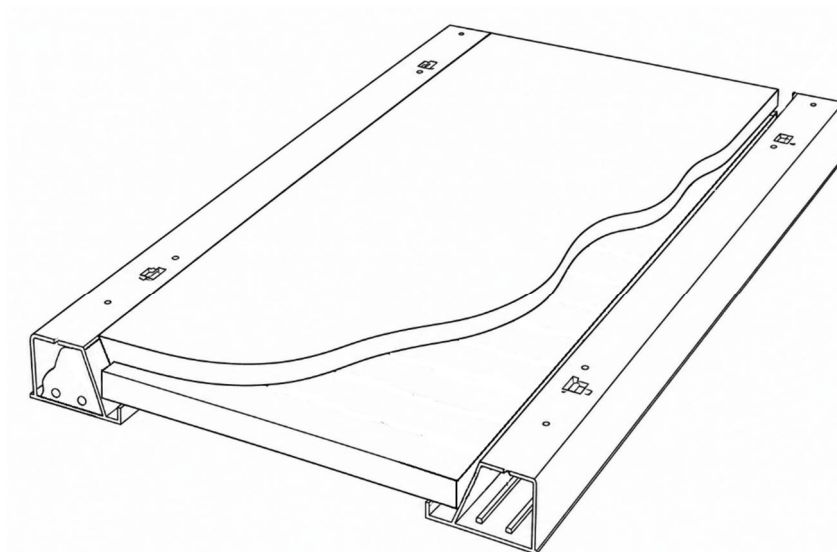
A vasbeton oszlopok előregyártott elemekként készülnek, alsó és felső kapcsolataik acél bekötőelemekkel valósulnak meg. A csomópontok kialakításához előregyártott pillérkapcsolati rendszer (HPKM® *Column Shoe*) kerül alkalmazásra, amely elősegíti az elemek pontos helyszíni pozicionálását és gyors illesztését. (22. ábra)



22.ábra: Előregyártott vasbetonpillér szerelésének sematikus ábrája
 Forrás: Saját szerkesztés

4.2.3 CLT-vasbeton hibrid födémszerkezet

A födémszerkezet CLT lemezekből és vasalt felbetonból kialakított kompozit rendszerként készül. (23. ábra) A rétegek együttdolgozását csavaros nyírási kapcsolatok biztosítják.



23.ábra: Előregyártott kompozitpanelekből álló födémszerkezet sematikus ábrája
 Forrás: Saját szerkesztés

Az előregyártás során a CLT elemek CNC megmunkálása, valamint a kötőelemek elhelyezése és a felbeton kialakítása üzemi körülmények között történik, amely a szerkezeti elemek pontos nagyvolumenű gyártását teszi lehetővé

A födémek előregyártott panelek formájában kerülnek a helyszínre, ahol a perem- és közbenső gerendákhoz, valamint a vasbeton maghoz csatlakoznak. A gerendák zónájában a felbeton vasalása a gerendák belsejébe vezetve kerül kialakításra. Az acél

szelvények üregei a helyszínen betonnal kitöltésre kerül, amely biztosítja a pillérek és a födém szerkezet együttműködését. A rendszer kialakítása lehetővé teszi a helyszíni zsaluzás elhagyását. A peremgerendák acél szerkezetű elemek (DELTABEAM®), amelyek a pillérváz rendszer HPKM® kapcsolataihoz csatlakoztatva a födémpanelek fogadására szolgálnak.

4.2.4 Alapozás

Az épületek eltérő alapozási síkkal rendelkeznek. Két épület esetében az alapozás a terepszinten helyezkedik el, míg a félszuterén teremgarázs alatt mintegy 2 méterrel mélyebb alapozási sík alakul ki. Az alapincézett épületrész esetében talajvíz elleni szigetelés kialakítása szükséges.

Az önálló, vegyes rendeltetésű épületek esetében síkalapozás kerül alkalmazásra, lemezalap kialakításával. A talajvíz jelenléte hidrosztatikai nyomásként jelentkezik, ezért a felhajtóerő és a szerkezet önsúlyából származó terhek viszonyának vizsgálata indokolt. Ez különösen fontos, mivel a hibrid szerkezetű felépítmény tömege várhatóan alacsonyabb a hagyományos szerkezetekhez képest.

A lakóépületek alatt kialakított félszuterén teremgarázs mélyebb alapozási síkot eredményez, amely az altalaj igénybevételenek kedvezőbb feltételeit biztosíthatja. Az alapozás a pillérraszterhez igazodó gerendarácsos kialakítással készül, amely biztosítja a pillérek geometriai helyzetének megtartását.

A diplomamunka feladatkiírása nem tartalmazta az alapozás részletes tervezését és méretezését, továbbá a terület talajvízviszonyaira és rétegszelvényeire vonatkozó adatok sem állnak rendelkezésre. Ennek megfelelően a bemutatott megoldások koncepcionális javaslatként értelmezendők, a végleges alapozási rendszer meghatározása talajmechanikai vizsgálatok és geotechnikai tervezés alapján történhet csak meg.

4.3 A primer tartószerkezet épületszerkezeti megoldásai

4.3.1 Külső falazat

Az épületek külső térelhatároló szerkezete könnyűszerkezetes, bordaváz rendszerben kerül kialakításra. A korábban vizsgált CLT szerkezet alkalmazása elvetésre került, mivel a külső fal elsődleges funkciója a belső és külső tér elválasztása, valamint a hő- és légzárás biztosítása, teherviselő szerepet nem lát el. (24.Ábra)

R2 - Külső falazat rétegrend

1. Falfesték	Remmers <small>vagy hasonló termék</small>	2 rtg.
1.1. Hővezető vakolat	Rigips Super simítóanyag <small>vagy hasonló termék</small>	20mm
1.2. Fűtő falpanel	Pipelife PPS-10 <small>vagy hasonló termék</small>	15mm
1.3. Légrés	Gépészeti tér	
1.4. Installációs lécváz	Lucfenyő bordák 60x38mm	38,0 mm
2. Gipszkarton építőlemez	Knauf Fireboard tűzálló gipszkarton <small>kapcsolással szerelve, tűzállásra tartózkodás méretezési figyelembevételével</small>	15,0 mm
2.1 Párazáró fólia	Delta Flexx fólia <small>kapcsolással szerelve</small>	1 rtg.
3. Fa bordaváz	Lucfenyő, C24, 60x200mm	
3.1. Hőszigetelés	Knauf Insulation NatuRoll Pro ásványgyapot	200,0 mm
4. Szélzáró fólia	Solitex Fronta páraáteresztő szélzáró fólia	1 rtg.
4.1. Merevítő építőlemez	OSB lemez <small>szegezéssel szerelve</small>	22,0mm
5. Homlokzati hőszigetelés	ROCKWOOL Frontrock Super	150,0 mm
6.1. Háló	Sto-Glasfasergebebe <small>vagy hasonló termék</small>	1 rtg.
6.2. Alapozó	StoPrep Miral AimS páraáteresztő vakolat alapozó <small>hasonló termék esetén az egész homlokzati rendszer ellenőrzése szükséges</small>	2 mm
6.3. Vakolat	StoLevel Uni <small>hasonló termék esetén az egész homlokzati rendszer ellenőrzése szükséges</small>	5 mm
6.3. Vakolat	StoLevel Uni	2 rtg.
6.4. Homlokzalfesték	StoColor Lotusan AimS homlokzalfesték <small>hasonló termék esetén az egész homlokzati rendszer ellenőrzése szükséges</small>	2 rtg.
	Összesen:	467 mm

24.ábra: Bordavázás falszerkezet rétegrendi kialakítása
Forrás: Saját szerkesztés (1. sz. Melléklet)

A falszerkezet magját 200/60 mm keresztmetszetű lucfenyő bordák alkotják, a köztes mezőkben ásványgyapot hőszigetelés kerül elhelyezésre. A falszakaszok síkbeli merevségét a külső oldalon elhelyezett, szegezéssel rögzített OSB lap, valamint a belső oldali kapcsolással szerelt gipszkarton burkolat biztosítja.

A külső oldalon, az OSB réteggel szomszédosan páraáteresztő, szélzáró fólia kerül elhelyezésre, amely a szerkezet szélzárását biztosítja, ugyanakkor lehetővé teszi a diffúziós száradást kifelé. A belső oldal párazáró réteggel készül, amely a szerkezet légzárását biztosítja és korlátozza a belső térből érkező nedvesség bejutását a hőszigetelésbe, ezáltal csökkentve a páraakcsapódás kockázatát.

A falszerkezet külső oldalán kiegészítő táblás hőszigetelés és vékonyvakolatos homlokzati rendszer készül. A belső oldalon a tűzvédelmi követelmények teljesítése érdekében nem éghető burkolat kerül alkalmazásra, valamint installációs réteg is kialakításra kerül, amely lehetővé teszi a villamos és gépészeti vezetékek elhelyezését.

A lakások külső falainak belső oldali zónájában alacsony hőmérsékletű falfűtési körök kerülnek kialakításra vakolatos rendszerrel (pl. Pipelife PPS-10). A felületfűtés rögzítősínei az installációs réteg bordavázára merőlegesen kerülnek elhelyezésre, majd a rendszer elemei 20–25 mm vastag vakolatréteggel kerülnek lefedésre. A csövezés a párazáró réteg megsértése nélkül, a szerelőrétegben vezethető, amely kiegészítő

ásványgyapot kitöltést is tartalmaz. Ennek eredményeként a hőleadás döntően a belső tér irányába történik, amely nem befolyásolja kedvezőtlenül a szerkezet páratechnikai működését.

A falszerkezet bordaváza a födém élén 100 mm-rel túlnyúlik, ezáltal csökkentve a födémperem hőhídhatását. Ennek következtében a födém élén a hőszigetelés vastagsága növelhető, miközben a homlokzati síkban a rétegrend folytonossága biztosítható.

A falpanelek alsó és felső csatlakozása acél kapcsolóelemekkel (Rothoblaas NINO®) történik, alul a vasalt felbetonhoz, felül a CLT födémelemhez rögzítve. A kapcsolatok süllyesztett kialakítása a faelemek lokális megmunkálásával történik. A vízszintes csatlakozási zónákban a szükséges tűzvédelmi burkolat kiegészítő gipszkarton rétegekkel biztosított.

A kapcsolatok elsődleges feladata a falpanelek helyzetének rögzítése és a síkra merőleges hatások felvétele, teherhordó szerepet nem töltenek be. A felső csatlakozásnál biztosítani szükséges, hogy a födém szerkezet alakváltozásai ne adódjanak át kényszerként a nem teherhordó falszerkezetre.

A falszerkezet előregyártott kialakítása lehetővé teszi a nyílászárók és a homlokzati rétegrend üzemi körülmények között történő kialakítását, így a helyszíni munkák elsősorban a panelek pozicionálására, a csatlakozások kialakítására és a homlokzati rendszer befejezésére korlátozódnak.

4.3.2 Lakáselválasztó falazat

A megfelelő léghanggátlás és tűzállóság biztosítása érdekében a fal mindkét oldalán többretegű burkolat kerül kialakításra, oldalanként egy réteg gipszkarton és egy réteg gipszrost lemez alkalmazásával. A külső falazattal megegyező módon installációs zóna kerül kialakításra, amely lehetővé teszi a gépészeti és villamos vezetékek elhelyezését a tűzvédelmi burkolat megszakítása nélkül.

A falpanelek alsó és felső csatlakozása acél kapcsolóelemekkel (Rothoblaas NINO®) történik, alul a vasalt felbetonhoz, felül a CLT födémelemhez rögzítve. A kapcsolóelemek a bordavázba és a födém szerkezetbe süllyesztetten, CNC megmunkálással kerülnek elhelyezésre.

A falszerkezet nem vesz részt a teherhordásban, ugyanakkor a födém teherhordási irányára merőlegesen helyezkedik el, ezért a felső csatlakozásnál alakváltozási hézag kialakítása szükséges a födém lehajlásából és időbeli alakváltozásaiból származó kényszerek elkerülésére. (25. Ábra)

R3 - Lakásválasztó falazat

1.	Falfesték	Remmers vagy hasonló termék	2 réteg
1.1.	Hézagoló glett	Rigips VARIO vagy hasonló termék	2 mm
1.2.	Gipszkarton építőlemez	Knaf normal gipszkarton vagy hasonló termék	12,5mm
2.1.	Légrés	Gépészeti tér	
2.2.	Installációs lécváz	Lucfenyő bordák 60x38mm	38,0 mm
2.	Gipszkarton építőlemez	Knaf Fireboard tűzálló gipszkarton szegéssel szerelve, tűzhatásra történő méretezés figyelembevételével	15,0 mm
3.	Fa bordaváz	Lucfenyő, C24, 60x200mm	
3.1.	Hőszigetelés	Knaf Insulation NatuRoll Pro ásványgyapot	200,0 mm
4.	Gipszkarton építőlemez	Knaf Fireboard tűzálló gipszkarton szegéssel szerelve, tűzhatásra történő méretezés figyelembevételével	15,0 mm
5.1.	Installációs lécváz	Lucfenyő bordák 60x38mm	38,0 mm
5.2.	Légrés	Gépészeti tér	
5.3.	Gipszkarton építőlemez	Knaf normal gipszkarton vagy hasonló termék	12,5 mm
5.4.	Hézagoló glett	Rigips VARIO vagy hasonló termék	2 mm
5.5.	Falfesték	Remmers vagy hasonló termék	2 réteg
	Összesen:		335 mm

25.ábra: Bordaváz lakásokat elválasztó falszerkezet rétegrendi kialakítása

Forrás: Saját szerkesztés (1. sz. Melléklet)

A lakásválasztó fal egyben tűzszakaszhatárként is működik, ezért a tűzvédelmi burkolat folytonosságát a csatlakozási zónákban is biztosítani kell. Ennek érdekében a gipszkarton burkolat a födémcsatlakozásnál folytonosan felvezetésre kerül, így az alakváltozási hézag mellett is megszakítás nélkül alakítható ki. Az alakváltozási hézag nem éghető ásványgyapot kitöltést és tűzgátló tömítést kap, biztosítva a tűzszakaszhatár folytonosságát és a léghanggátlási követelmények teljesülését.

4.3.3 Válaszfalak

A belső válaszfalak kétféle kialakítással jelennek meg a lakások alaprajzi rendszerében. Az eltérő szerkezeti megoldások különböző funkcionális igényekből adódnak: egyrészt a helyiségek elválasztása, másrészt a vizes helyiségek szaniter elemeinek befogadása. A helyiségválasztó válaszfalak pontos típusának kiválasztása elsősorban hanggátlási teljesítményük alapján történt.

A válaszfalak az álpadló rendszerre kerülnek elhelyezésre, felső csatlakozásuk pedig az álmennyezethez történik, ennek következtében a válaszfalak a teherhordó födém szerkezet alsó síkját nem éri el. (26. ábra)

R4 - W112 Szerelt válaszfal

1. Falfesték	Remmers <small>vagy hasonló termék</small>	2 rtg.
1.1. Hézagoló glett	Rigips VARIO <small>vagy hasonló termék</small>	3 mm
2. Gipszkarton építőlemez	Knauf normál gipszkarton <small>vagy hasonló termék, az akusztikai kivánalmaknak megfelelően</small>	12,5 mm
3. Légrés	Gépészeti tér	
3.1. Tartóváz	Knauf CW profil 75/50/0,6mm	
3.2. Üregkitöltés	NatuRoll Pro ásványgyapot	75 mm
4. Gipszkarton építőlemez	Knauf normál gipszkarton <small>vagy hasonló termék, az akusztikai kivánalmaknak megfelelően</small>	12,5 mm
5. Hézagoló glett	Rigips VARIO <small>vagy hasonló termék</small>	3 mm
5.1. Falfesték	Remmers <small>vagy hasonló termék</small>	2 rtg.
	Össesen:	106 mm

26.ábra: Helyiségeket elválasztó szerelt válaszfalak rétegrendi kialakítása
Forrás: Saját szerkesztés (1. sz. Melléklet)

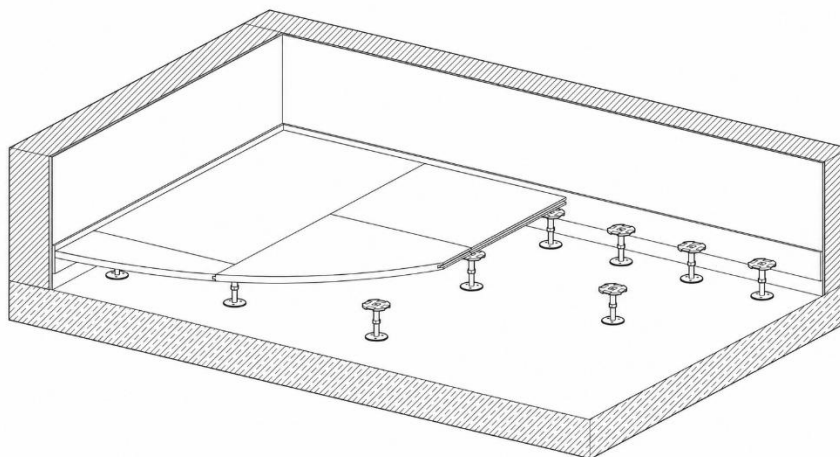
A helyiségelválasztó válaszfalak szerelt rendszerként, CW50 profilvázsal, a profilok közötti ásványgyapot kitöltéssel, valamint kétoldali, 12,5 mm vastagságú gipszkarton burkolattal készülnek (Knauf W111). A vizes helyiségekben és gépészeti zónákban installációs falak kerülnek kialakításra (Knauf W116), dupla profilvázsal és egyoldali burkolattal. Ezek a szerkezetek elsősorban előtétfal jelleggel jelennek meg, változó magasságú kialakítással és lehetővé teszik a gépészeti vezetékek, valamint a szaniter elemek elhelyezését.

A nedvességnek kitett helyeken a burkolat nedvességálló, 15mm vastag építőlemezből készül (Knauf Drystar), amely biztosítja a szerkezet tartósságát és a penészesedés elleni védelmet.

4.4 Közbenső födémek rétegrendjei

4.4.1 Padló rétegrend – Álpadló

A lakások teljes alapterületén álpadló kerül kialakításra. A korábban bemutatott TCC födém önmagában is kedvező akusztikai tulajdonságokkal rendelkezik a tisztán CLT födémekhez viszonyítva, ugyanakkor a lakásokon belüli vízelvezetés biztosítása, valamint a loggia és a belső tér közötti „küszöbmentes”, azonos padlószintű kialakítás igénye indokoltá teszi az álpadló alkalmazását. A rendszer kiválasztásánál nem bontható álpadlóra esett a választás. (Knauf Integral F181). (27. ábra)



27.ábra: Álpadlórendszer kialakításának sematikus ábrája
 Forrás: Saját szerkesztés

A tervezési elvek alapján a lakóegységeken keresztülhaladó ejtővezetékek kialakítása nem javasolt, továbbá az egyirányban teherhordó TCC födécek áttörései statikai szempontból korlátozottan alkalmazhatók. Ennek megfelelően, a 4.2.1 fejezetben ismertetett módon, a lakások lejtett szennyvízvezetékei az álpadló alatti térben kerülnek elvezetésre, majd a vasbeton magba csatlakoznak. (28. Ábra)

R1 - Padló rétegtrend

1. Padlóburkolat	Szalagparketta / Csúszásmentes greslap MAPEI Ultrabond Eco vagy hasonló C2/C2 S1 ragasztó /MAPEI Keraflex Maxi S1 vagy hasonló egykomponensű rugalmas parkettaragasztó	14,0 mm 10,0 mm 5,0 mm
1.1. Burkolati ragasztó*		
*Burkolati rendszer szerint		
2. Nem bontható álpadló elem	Knauf GIFAfloor FH-B 600x600mm +Szegélyszalag	22,0 mm
2.1. Feszültségmentesítő lemez*	Mapeguard WP 200 vagy hasonló vízszigetelő lemez	0,5 mm
*Tűzvesztés ellenében		
2.2. Acél támaszláb	Knauf Typ 7 M12 + Rugalmas alátétlemez	
2.3. Légrés	Gépészeti tér	145,0 mm
3. Vasalt felbeton lemez	C30/37 beton + B500 vasalással Statikai méretezés szerint	80,0 mm
3.1. Nedvességvédő fólia	Rothoblaas Defence Adhesive + SpeedyBand szalag	0,5 mm
3.2. Nyírásí kötőelem	Rothoblaas CTC7160 Kiosztás statikai méretezés szerint	
3.3. Födém alsó faalapú lemeze	Binderholz CLT C24, 5 rltg.	120,0 mm
4. Légrés	Gépészeti tér	65,0 mm
4.1. Álmennyezet szerelése	Knauf direktfüggesztők + CD 60/27/0,6mm profil vagy hasonló termék	
4.2. Hűtő álmennyezet	Pipelife GBP-10 vagy hasonló termék	15,0mm
5.1. Hézagoló glett	Rigips VARIO	2,0mm
5.2. Falfesték	Remmers vagy hasonló termék	2 rltg.
	Összesen*: *Burkolattípustól függően	485 - 489mm

28.ábra: Álpadlórendszer rétegtrendi kialakítása
 Forrás: Saját szerkesztés (1. sz. Melléklet)

Az álpadló rendszere lehetőséget biztosít egyéb vezetékek elhelyezésére is, így például opcionális központi szellőztető rendszer légcsatornáit, a falfűtést kiegészítő padlófűtési

körök, valamint az elektromos hálózat vezetékai is ebben a gépészeti térben vezethetők el.

A vizes helyiségekben az álpadló járófelületén vízszigetelő és feszültségmentesítő réteg kerül kialakításra (Mapeguard WP 200), amely megakadályozza a nedvesség bejutását az álpadló alatti szerkezeti zónába. A kialakítás lehetővé teszi padlószintbe süllyesztett zuhanyfolyókák alkalmazását is.

4.4.2 Padló rétegrend – Loggia

Ennek megfelelően a rétegrendben lépésálló XPS hőszigetelés kerül alkalmazásra. A csapadékvíz elvezetése a homlokzat irányába történik, a burkolat alatti rétegrendben kialakított, 2% mértékű lejtéssel. A lejtésképzés felett OSB lemez fogadófelület készül, amelyre rugalmas, jó páraáteresztő képességű, műgyanta bázisú vízszigetelő bevonat kerül kialakításra (Sikalastic® 625N), üvegszövet erősítéssel. A vízszigetelő réteg a loggiával érintkező falszakaszokra és lábazatokra felvezetve biztosítja a folytonos vízzárást. (29.Ábra)

R5 - Loggia padló rétegrend

1. Padlóburkolat	Csuszásmentes fagyálló greslap <small>nagyszűrőrétegű ragasztómentes kivitelben</small>	20,0 mm
2. Légrés* <small>*maximális vastagsága</small>	Burkolat alatti vízvezető tér	38,0 mm
2.1. Vízszintes felület kialakítása	SUPA állítható magasságú teraszlab <small>vagy hasonló termék</small>	
2.2. Vízszigetelő bevonat* <small>*A falazat lábazatára is felvezetve</small>	Sikalastic 625N + Sika üvegszövet erősítés Alapozó <small>vagy hasonló termék ami végfelületen felületképzésre alkalmas</small>	2,0 mm
2.4. Fogadó lemez	OSB/3 nedvességtűrő építőlemez <small>vagy hasonló termék</small>	22,0mm
3. Lejtésképzés* <small>maximális vastagsága</small>	RAVATHERM XPS 300 lépésálló zártcellás hőszigetelőlemez <small>1% lejtésképzés kialakítására; vagy hasonló termék</small>	17,0 mm
3.1. Hőszigetelés	RAVATHERM XPS 300 lépésálló zártcellás hőszigetelőlemez <small>vagy hasonló termék</small>	100,0mm
4. Vasalt felbeton lemez	C30/37 beton + B500 vasalással <small>Statikai méretezés szerint</small>	80,0 mm
4.1. Nedvességvédő fólia	Rothblaas Defence Adhesive + SpeedyBand szalag	0,5 mm
4.2. Nyírási kötőelem	Rothblaas CTC7160 <small>Koestésa statikai méretezés szerint</small>	
4.3. Födém alsó faalapú lemeze	Binderholz CLT C24, 5	
5. Légrés	Gépészeti tér	65,0 mm
5.1. Álmennyezet szerelése	Knauf direktfüggesztők + CD 60/27/0,6mm profil <small>vagy hasonló termék</small>	
5.2. Hűtő álmennyezet	Pipelife GBP-10 <small>vagy hasonló termék</small>	15,0mm
6. Hézagoló glett	Rigips VARIO	2,0mm
6.1. Falfesték	Remmers <small>vagy hasonló termék</small>	2 réteg
	Összesen:	481,5mm

29.ábra: Álpadlórendszer rétegrendi kialakítása

Forrás: Saját szerkesztés (1. sz. Melléklet)

A teraszajtó előtti zónában perforált fémrács kerül elhelyezésre, amely biztosítja a csapadékvíz azonnali bejutását a burkolat alatti térbe. A víz ezt követően a lejtésnek

megfelelően a loggia homlokzati síkjában kialakított, rejtett vízvezető rendszerbe jut. A külső peremen túlfolyó kialakítása biztosítja a rendszer üzembiztonságát.

A korlátszerkezet kialakításánál egyaránt figyelembe kellett venni a hőtechnikai és statikai követelményeket. A korlát oszlopainak rögzítése a vasalt felbeton szerkezet éléhez történik. A rögzítési pontoknál alkalmazott acél talplemez alatt 20 mm vastag Purenit® közbenső réteg kerül beépítésre a hőhídhatás csökkentése érdekében. A rögzítő csavarok a teherhordó szerkezetbe kerülnek lehorgonyzásra, így biztosítva a szerkezet megfelelő teherátadását.

4.4.3 Mennyezet rétegrend – Álmennyezet

Az álmennyezeti rendszer kialakítása kettős célt szolgál: egyrészt a gépészeti és villamos vezetékek elhelyezését biztosítja, másrészt lehetőséget teremt a felülethűtési rendszer integrálására, amely a TCC közbenső födémszerkezetbe közvetlenül nem építhető be.

A 4.3.1 fejezetben bemutatott, külső falazatba integrált felületfűtési rendszer hűtési üzemmódban nem alkalmazható biztonsággal. A bordavázis falszerkezet esetében a szerkezet lehűlése a harmatpont kedvezőtlen eltolódását eredményezheti, amely páralecsapódáshoz vezethet a hőszigetelő rétegekben.

Az álmennyezet felülethűtő – igény szerint fűtő – rendszerként működik, amely integrált csővezetést tartalmazó gipszkarton panelekből készül (pl. Pipelife GBP-10). A panelek CD profilvázra kerülnek rögzítésre, és a teherhordó födémszerkezettől minimum 65 mm távolságra, direkt függesztőelemekkel kerülnek felfüggesztésre. (28.Ábra)

4.5 Tetőrétegrend és csapadékvíz-kezelés

4.5.1 Lapostető rétegrend

Az épületek lapostetői extenzív zöldtetővel kombinált kéktető rendszerként készülnek. A rétegrend célja a tető hő- és vízszigetelési teljesítményének biztosítása mellett a csapadékvíz helyben történő visszatartása és késleltetett elvezetése. A megoldás alkalmazását indokolja, hogy a korábban ipari hasznosítású, fejlesztés alatt álló területeken a meglévő csapadékvíz-elvezető közműhálózat kapacitása nem minden esetben alkalmas a megnövekedett tetőfelületekről érkező vízmennyiség azonnali fogadására.

A kéktető működésének fő eleme egy 100 mm vastag geocellás vízvisszatartó réteg (Radmat SWG100), amely nagy intenzitású csapadékesemények során ideiglenesen tárolja a vizet, majd szabályozott módon, késleltetve vezeti tovább a vízvezetési pontok felé. A rendszer így mérsékli a lefolyási csúcsokat és csökkenti a közműhálózatra jutó pillanatnyi terhelést. A kéktetők másik nagy előnye, hogy nem szükséges lejtésképzés kialakítása. (30.Ábra)

R7 - Lapostető rétegrend

1. Ütétközeg	Extenzív zöldtető, ásványi, könnyű földkeverék	80,0 mm
2. Drénréteg	Dörken DETA - FLORAXX TOP geotextilrel kasírozott <i> vagy hasonló műanyag drénlemez</i>	25,0 mm
3. Vízvisszatartó réteg	Radmat SWG100 Kéktető geocellák, 600x600mm	100,0 mm
3.1. Szívágást csökkentő réteg	Radmat ProTherm XPS C MK WFR.	1. rtg
4.1. Hőszigetelés	RAVATHERM XPS 300 lépésálló zártcellás hőszigetelőlemez <i> vagy hasonló termék</i>	150,0mm
5. Gyökérálló vízszigetelés	Sarnafil TG 66-18 FPO műanyaglemez <i> A hézagmentes kivitelzésére különös figyelmet kell fordítani!</i>	2,0 mm
6. Vasalt felbeton lemez	C30/37 beton + B500 vasalással <i> Statikai méretezés szerint</i>	80,0 mm
6.1. Nedvességvédő fólia	Rothoblaas Defence Adhesive + SpeedyBand szalag	0,5 mm
6.2. Nyírási kötőelem	Rothoblaas CTC7160 <i> Kiosztása statikai méretezés szerint</i>	
6.3. Födém alsó faalapú lemeze	Binderholz CLT C24, 5 rtg.	120,0 mm
7. Légréteg	Gépezeti tér	65,0 mm
7.1. Álmennyezet szerelése	Knauf direktfüggesztők + CD 60/27/0,6mm profil <i> vagy hasonló termék</i>	
7.2. Hűtő álmennyezet	Pipelife GBP-10 <i> vagy hasonló termék</i>	15,0mm
8.1. Hézagoló glett	Rigips VARIO	2,0mm
8.2. Falfesték	Remmers <i> vagy hasonló termék</i>	2 rtg.
	Összesen:	639,5mm

30.ábra: Lapostető rétegrendi kialakítása

Forrás: Saját szerkesztés (1. sz. Melléklet)

A fa-beton hibrid födém szerkezet miatt kiemelten fontos a vízszigetelés megbízható kialakítása. A vízzáró réteget gyökérálló műanyaglemez biztosítja (Sarnafil TG 66-18 FPO), amely a fordított rétegrendű tetőben az XPS hőszigetelés alatt helyezkedik el. A kéktető működéséből adódó tartósabb nedvességi terhelés miatt a toldások, felvezetések, áttörések, tetőösszefolyók és túlfolyók hézagmentes, forrólevegős hegesztéssel készülő kialakítása kiemelt jelentőségű.

A vízszigetelés folytonossága különösen fontos az attikák, gépészeti felépítmények és loggiákhoz kapcsolódó tetőszakaszok mentén, ahol a rétegrend vízvisszatartó működése miatt a csomópontok vízbiztonsága meghatározó. (31.Ábra)

R8 - Attika fal rétegrend

1. Drénréteg*	Dörken DETA - FLORAXX TOP geotextilrel kasírozott vagy hasonló termék	1 rtg.
*a lábazat támasztóiban min. 150mm magasságban felvezetve		
1.1. Gyökérálló vízszigetelés*	Sarnafil TG 66-18 FPO műanyaglemez	2 mm
*a lábazat környezetében min. 150mm magasságban felvezetve	A hőágymentes kivitelre különös figyelmet kell fordítani!	
1.2. Homlokzatzfesték	StoColor Lotusan AimS homlokzatzfesték hasonló termék esetén az egész homlokzati rendszer ellenőrzése szükséges	2 rtg.
1.3. Vakolat	StoLevell Uni hasonló termék esetén az egész homlokzati rendszer ellenőrzése szükséges	5 mm
1.4. Alapozó	StoPrep Miral AimS páraáteresztő vakolat alapozó hasonló termék esetén az egész homlokzati rendszer ellenőrzése szükséges	2 mm
1.5. Háló	Sto-Glasfasergebebe vagy hasonló termék	1 rtg.
2. Nedvességtűrő hőszigetelés	RAVATHERM XPS 300 WB zártcellás polisztirolhab	150,0 mm
3. Merevítő építőlemez	OSB/3 nedvességtűrő építőlemez szegéssel szerelve, vagy hasonló termék	22,0mm
4. Fa bordaváz	Lucfenyő, C24, 60x200mm	200,0mm
5. Merevítő építőlemez	OSB lemez szegéssel szerelve	22,0mm
6. Homlokzati hőszigetelés	ROCKWOOL Frontrock Super	150,0 mm
7.1. Háló	Sto-Glasfasergebebe vagy hasonló termék	1 rtg.
7.2. Alapozó	StoPrep Miral AimS páraáteresztő vakolat alapozó hasonló termék esetén az egész homlokzati rendszer ellenőrzése szükséges	2 mm
7.3. Vakolat	StoLevell Uni hasonló termék esetén az egész homlokzati rendszer ellenőrzése szükséges	5 mm
7.4. Homlokzatzfesték	StoColor Lotusan AimS homlokzatzfesték hasonló termék esetén az egész homlokzati rendszer ellenőrzése szükséges	2 rtg.
	Összesen:	560 mm

31.ábra: Attikafal rétegrendi kialakítása

Forrás: Saját szerkesztés (1. sz. Melléklet)

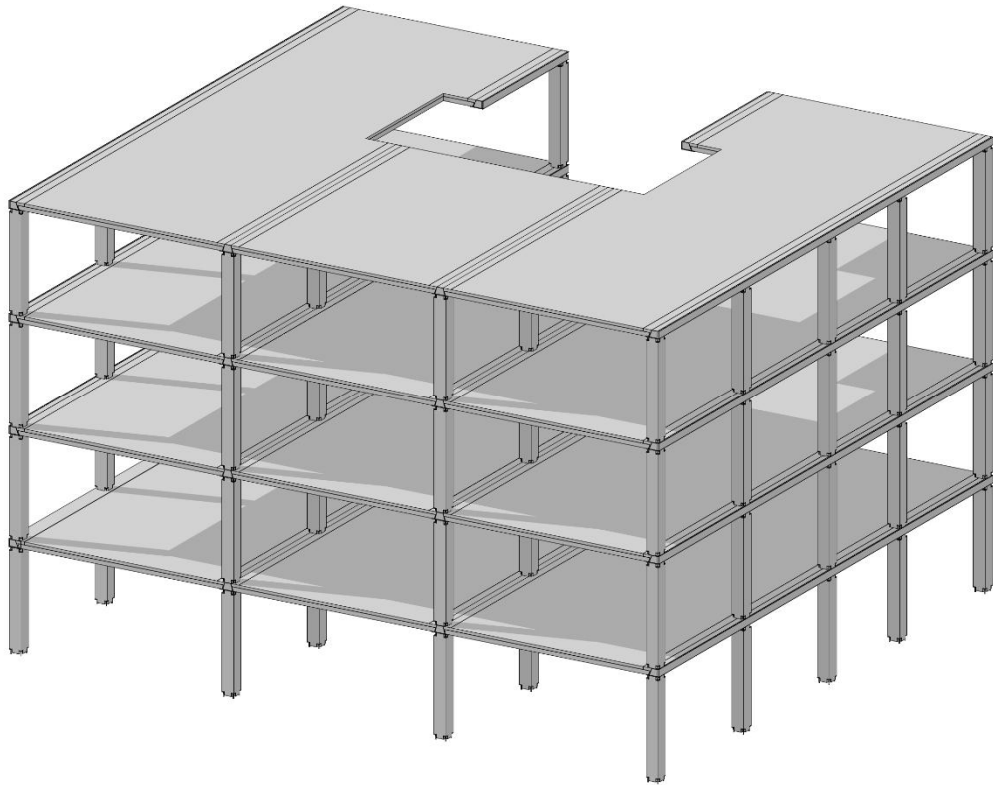
4.5.1 Csapadékvíz vertikális elvezetése

A csapadékvíz-elvezetés rejtett rendszerben készül, ezért a loggiák elhelyezésekor a lefolyók vezethetőségét is figyelembe kellett venni. A rejtett lefolyóvezetékek hőhídhatásának csökkentése érdekében a födém éle a homlokzati síkhoz képest 100 mm-rel visszahúzásra került, továbbá a lefolyók elhelyezésénél kerültem a közvetlen sarok- és pillérkapcsolati zónákat. Így a bordavázas falszerkezet részben túlnyúlik a födémperemen, és a lefolyó mögött is megmarad kb. 100 mm EPS homlokzati hőszigetelés. A külső hőszigetelés lokális csökkenése nem jelent jelentős hőtechnikai gyengülést, mivel a falszerkezetben a bordák között is teljes értékű ásványgyapot hőszigetelés található. (15.Ábra)

5. Tartószerkezeti munkarész

5.1 Tartószerkezeti koncepció

A diplomamunka egy olyan tartószerkezeti struktúra köré szerveződik, amely ipari léptékben skálázható és a hagyományos szerkezetekhez képest gyorsabb helyszíni kivitelezést tesz lehetővé. A tartószerkezeti elemek kiválasztásakor fontos szempont volt, hogy olyan rendszerek és termékek kerüljenek alkalmazásra, amelyek műszaki paraméterei megfelelő részletességgel dokumentáltak. (32. Ábra)



32.ábra: Fa-beton tartószerkezeti rendszer

Forrás: Saját szerkesztés

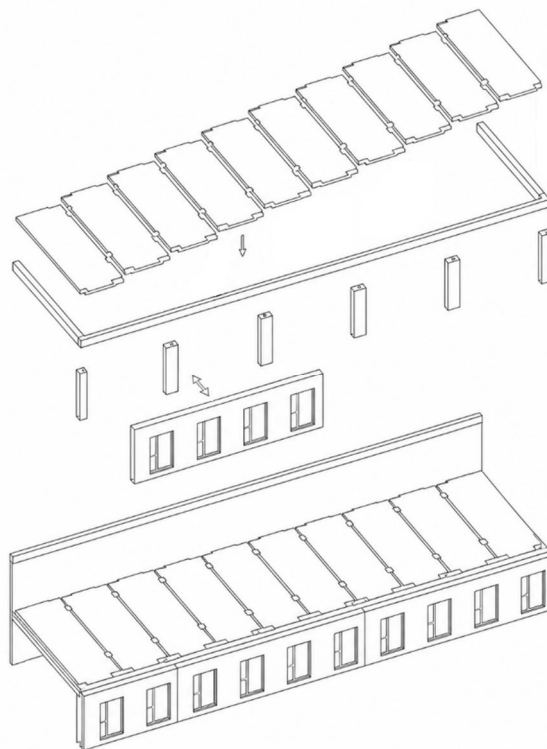
A tartószerkezeti tervezés korai fázisában egy javarészt fa szerkezetű épület megvalósítása volt a cél, azonban a tervezési program előrehaladtával egyértelművé vált, hogy a jelenlegi hazai szabályozási környezet és műszaki követelmények jelentősen korlátozzák a többszintes társasházak tisztán fa, illetve faalapú szerkezetekből történő kialakítását. A keresztmetszetekkel szemben támasztott követelmények teljesülését elsősorban a tűzhatásra történő méretezés nehezíti, amely a hatékony keresztmetszet csökkenését eredményezi. Továbbá a tartószerkezeti elemek közötti kapcsolatoknál fellépő nyomatéki igénybevételek átadása a fa–acél kapcsolatok korlátozott teherbírása és geometriai kialakítása miatt csak korlátozott mértékben biztosítható.

A szerkezeti rendszer kialakítása során a különböző anyagok kombinálása az egyes épületszerkezeti elemekben fellépő igénybevételekhez igazodott, annak érdekében, hogy azok kedvező mechanikai tulajdonságai hatékonyan érvényesüljenek.

A fa ortotróp anyagként rostirányban kedvező húzó- és nyomószilárdsággal rendelkezik, míg a beton közelítően izotróp anyagként elsősorban nyomásra vehető igénybe. A kapcsolatokban alkalmazott acél kötőelemek és a beton vasalása biztosítják

a csomóponti zónákban kialakuló koncentrált igénybevételek felvételét, különös tekintettel a lokális teherbeadási zónákban jelentkező feszültségcsúcsokra, a nyírási együttdolgozásból adódó relatív elmozdulásokra, valamint a támaszok környezetében kialakuló összetett igénybevételi állapotra.

A kialakított tartószerkezeti rendszer ennek megfelelően fa–beton öszvér szerkezetként értelmezhető, amely a nemzetközi gyakorlatban elterjedt TCC szemléletet követi. A tervezés során a külföldi példák közül elsősorban a HoHo Wien épületnél alkalmazott szerkezeti megoldások szolgáltak referenciaként.(33.Ábra)



33.ábra: HoHo Wien tartószerkezeti rendszere

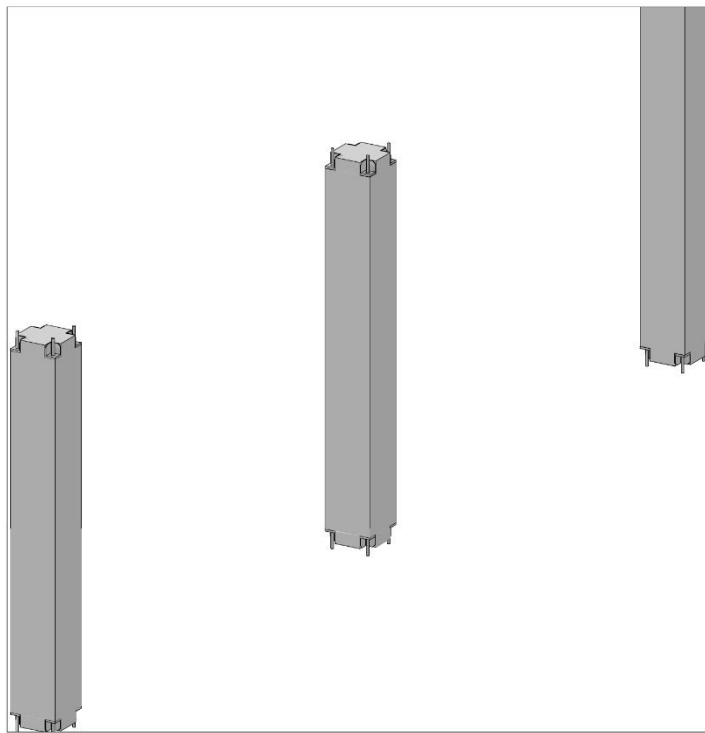
Forrás: Saját szerkesztés

5.2 Teherviselő szerkezet bemutatása

5.2.1 Pillérváz

A alaprajzi kialakításból adódóan a függőleges terhek jelentős részét épület pillérváz rendszerére vertikális teherutakon továbbítja az alapozás irányába.(34. Ábra) A pillérekben keletkező nyomóerőket a vasbeton keresztmetszet veszi fel, míg a külpontosságokból származó húzófeszültségek felvételét a hosszvasalás biztosítja. A keresztmetszetben fellépő nyíróerők felvételére a kengyelezés szolgál.

Az pillérek szempontjából kritikusnak tekinthetőek a födémekhez csatlakozó csomóponti zónák, főként az oszlopok és gerendák kapcsolatai. A kötőelemek korlátozott merevsége miatt ezek az épület globális merevségének biztosításában csak részben vehetők figyelembe. Az oszlopraszterhez kapcsolódó külső falpanelek nem vesznek részt a teherhordásban, ezért a kapcsolatok kialakításánál biztosítani szükséges, hogy a pillérváz és a födém szerkezet alakváltozásai ne adódjanak át kényszerként a nem teherhordó külső falazatra.



34.ábra: Előregyártott pillérek, integrált Peikko HPKM kapcsolatokkal

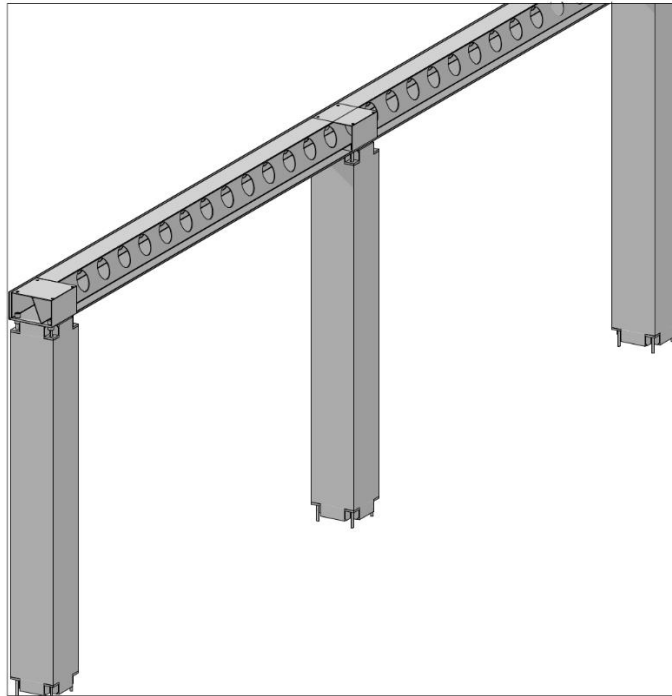
Forrás: Saját szerkesztés

5.2.2 Acél köztes- és peremgerendák

A szélső és közbenső acélgerendák szerepe kettős. Egyrészt hozzájárulnak a szerkezet térbeli merevségéhez azáltal, hogy összefogják a pilléreket, így biztosítva a homlokzati síkban a szerkezet merevségét. Másrészt a födém elemek peremeit az oszlopok között folytonos alátámasztással látják el.(35.Ábra)

A gerendák szegmensekből épülnek fel, toldásuk a pillérek felett történik. A közbenső gerendák a pillérek mellett a központi vasbeton maghoz is kapcsolódnak. Az acél zártszelvény falvastagságának meghatározása a csomóponti zónákban jelentkező lokális feszültségek figyelembevételével történik, a méretezett acélgerenda megszünteti a

pontszerű teherátadást az oszlopfejeknél. A kiegészítő hosszvasalás alkalmazása elsősorban a csomóponti zónákban fellépő hajlító- és csavaró igénybevételek miatt válik szükségessé.



35.ábra: Pillérek és a Peikko Deltabeam peremgerendák kapcsolatának kialakítása

Forrás: Saját szerkesztés

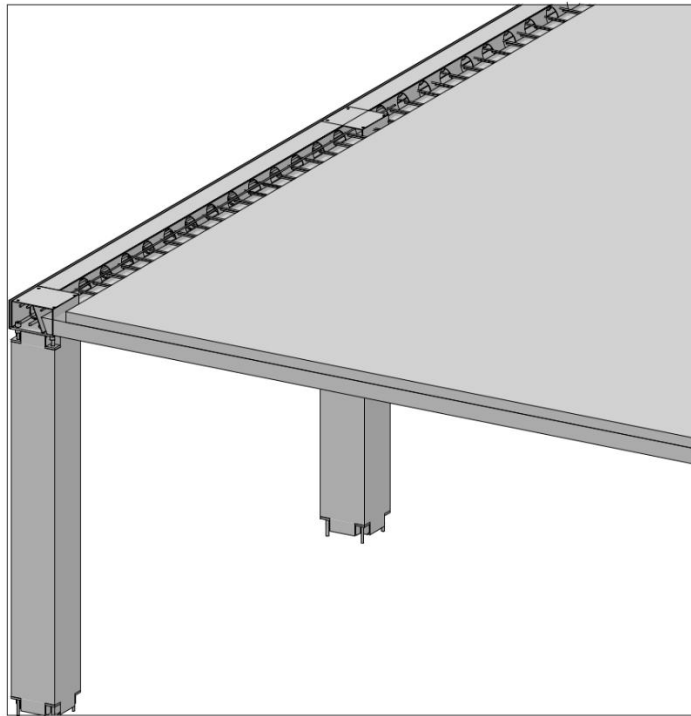
5.2.3 TCC födécek

Az épület vegyes szerkezetű födémrendszerrel rendelkezik. Az öszvér szerkezet előregyártott, keresztirányban ragasztott, 5 rétegű keresztirányban ragasztott fa rétegből és vasalt felbetonból áll. A rétegek részleges együttműködését acél nyírókapcsolat biztosítja. (36-37.)Ábra)

A födém szerkezet egyirányban teherviselő. Ugyanakkor a CLT teherhordás irányára merőleges lamellái, a fő és mellékirányokban egyaránt vasalt betonréteg, valamint az alsó fa lemezek csavarozott kapcsolata miatt lemezszerű viselkedést feltételezhető. Így az épület vízszintes terheit a síkjában közelítően merevnek tekintett födémlemez továbbítja a központi vasbeton mag felé.

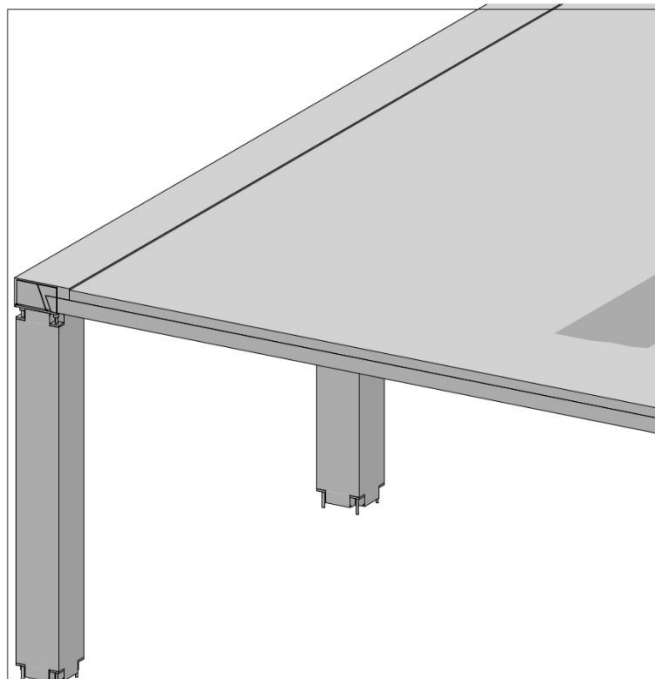
A tisztán fa anyagú födécekhez képest a TCC szerkezet alkalmazása kedvezőbb szerkezeti viselkedést eredményez, különösen a hajlítási merevség, a rezgési tulajdonságok és a tűzhatásra történő méretezés szempontjából. A tisztán CLT födécek

esetében a tűzhatás következtében fellépő keresztmetszet-csökkenés a teherbírást jelentősen befolyásolja, míg a kompozit szerkezeteknél ez kedvezőbben alakul.



36.ábra: Peikko Deltabeam és TCC födémelemek helyszínen kialakított szerelése

Forrás: Saját szerkesztés



37.ábra: Peikko Deltabeam és TCC födémelemek a helyszínen kialakított betonozás után

Forrás: Saját szerkesztés

5.2.4 Központi merevítő lépcsőház

Az előzőekben ismertetett pillérvázás rendszer födémmel kialakított kapcsolatai csak korlátozott mértékben képesek nyomtatékátadásra, ezért a rendszer vízszintes merevsége önmagában nem tekinthető elegendőnek. A központi vasbeton lépcsőház tartószerkezeti szerepe elsősorban az épületet érő vízszintes hatások felvétele.

A kéregfalas rendszer alkalmazásakor a panelhatárok mentén, a húzott vasalás folytonosságának kialakítási módjai korlátozottak. A több ütemben kivitelezésre kerülő szerkezet merevsége a kapcsolati zónákban nem tekinthető a monolit vasbeton falakéval egyenértékűnek.

Ennek ellensúlyozására a lépcsőház közbenső födémei és a lépcsőszerkezet a vasbeton falazattal összekapcsoltak.

5.2.5 Előregyártási és szerelési sajátosságok hatása a csomóponti viselkedésre

A tartószerkezeti rendszer kialakítása során az előregyártás és a helyszíni szerelés módja közvetlen hatással van a csomópontok elmozdulási és elfordulási viselkedésére, ezáltal a teljes épület működésére is.

A pillér–gerenda kapcsolatok esetében alkalmazott Peikko HPKM® rendszer lehetővé teszi, hogy az acél kapcsolati elemek az oszlopokba üzemi körülmények között kerüljenek beépítésre, majd a helyszínen csavaros kapcsolat létesüljön a Peikko Deltabeam® gerendákkal. A kapcsolat véges merevsége miatt elfordulásra képes, ezért nem tekinthető ideális befogásnak, hanem közelítően félmerev kapcsolatként viselkedik. Amely befolyásolja a tartószerkezeti rendszer elemei közötti igénybevétel eloszlást és a szerkezet globális merevségét.

A TCC födémelemek előregyártása során a CLT táblák végleges geometriáját CNC-vel alakítják ki, majd a Rothoblaas CTC® önmetsző csavarok kiosztását és vasszerelést követően a födémmodulok egy felbeton réteget kapnak. A kétirányú vasalás a támaszközökben elsősorban repedéstágasság-korlátozó szerepet tölt be. Az ipari módszerek nemcsak logisztikai és kivitelezési előnyökkel járnak, hanem csökkentik a szerkezet szerelési és végleges állapotai közötti különbségét.

A csuklós és félmerev viselkedési modellek közötti különbséget meghatározó, a támaszközeli zónákban folytonossá tett vasalás helyszíni kialakítása érdekében, a táblák csatlakozásainál és a peremgerendák környezetében betonmentes sávok maradnak. Ezek

a sávok a nyomatéki előjelváltás környezetében a szükséges lehorgonyzási és toldási hosszok helyszíni kialakítását teszik lehetővé. A lehorgonyzás a gerendák zártszelvényén jellegű keresztmetszetén belül, az oldalsó áttöréseken keresztül kerül kialakításra. Az együttdolgozás a záróbetonozással alakul ki, amely a statikai modellben feltételezett viselkedés közelítését segíti.

A közbenső gerendák a pilléreken túl a központi vasbeton maghoz is kapcsolódnak, amely kapcsolat rejtett, PCs® *Corbel* acél konzolokkal kerülnek kialakításra, a kéregfalak előregyártás során

A csomópontok végleges kialakítása a gyártói rendszerek részlettervezési előírásai betartással és számításokkal történő ellenőrzés alapján kell hogy megtörténjenek.

5.3 TCC födécek viselkedése

A CLT és vasalt felbeton nyírókapcsolatával kialakított TCC födécek összetett, többanyagú tartószerkezetek, amelyekben az egyes alkotóelemek eltérő mechanikai tulajdonságaikra optimalizáltan vesznek részt a belső erők felvételében. A fa ortogonálisan anizotróp anyagként rostirányban kedvező húzó- és nyomószilárdsággal rendelkezik, míg a beton elsősorban nyomásra kedvező, húzott zónában pedig vasalással együtt alkalmazható hatékonyan. A tisztán CLT födécekhez képest a TCC szerkezetek nagyobb tömegükből és megnövekedett hatékony hajlítási merevségükből adódóan kedvezőbb akusztikai és rezgési viselkedést mutatnak (Forsberg–Farbäck, 2020)

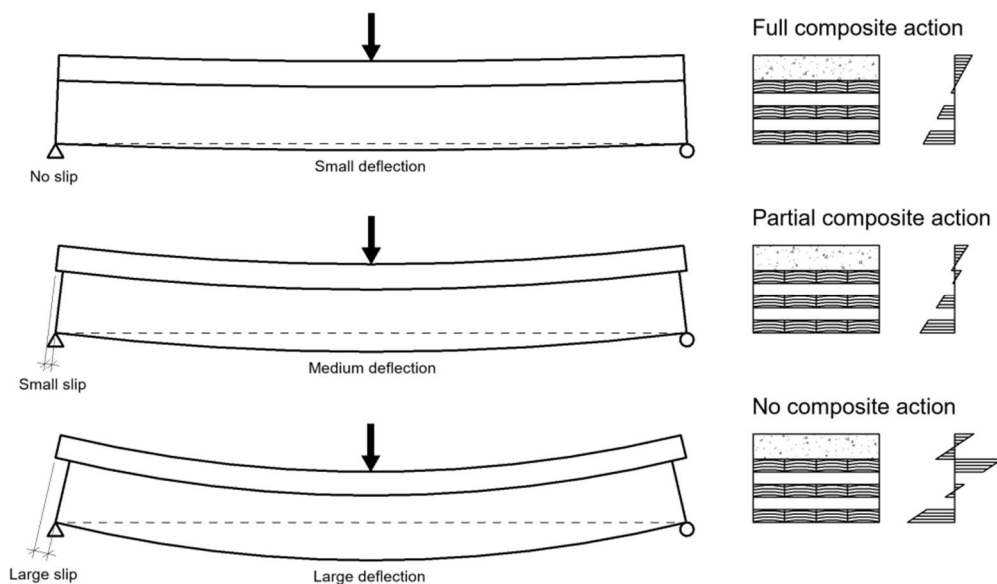
A kompozit födém CLT része nem tekinthető homogén anyagnak, mivel a rétegek váltakozó rostirányai miatt a keresztmetszet irányfüggő mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik. Hajlítás esetén elsősorban a teherhordás irányával párhuzamosan elhelyezkedő lamellák vesznek részt hatékonyan a teherfelvételben.

A felső betonrétegben a keresztmetszetben kialakuló feszültségállapottól függően húzó- és nyomófeszültségek egyaránt ébredhetnek. A repedésképződés és a repedéstágasság korlátozása érdekében kiegészítő vasalás alkalmazása szükséges a támaszközben. A nyomatéki előjelváltás zónáiban- a támaszok környezetében pedig húzott hosszvasalás szükséges.

A TCC födécek esetében a semleges tengely a vasalt felbeton irányába tolódik el, amely előnyösebb belső erőjátékot eredményez, így lehetővé teszi az anyagok kedvező

szilárdsági tulajdonságainak hatékonyabb kihasználását. Ennek következtében a szerkezet hajlítási merevsége és teherbírása meghaladja a tisztán CLT födémevét, ahol a semleges tengely közelítően a keresztmetszet súlypontjában helyezkedik el, korlátozva a keresztmetszet hatékony kihasználását.

A TCC födémevek viselkedésének egyik legfontosabb jellemzője a kompozíthatás mértéke, amely a fa és a beton közötti nyírási kapcsolat típusától és pontos kialakításától is függ. A két egymás felett elhelyezkedő réteg a köztük kialakuló kapcsolat függvényében különállóan, részlegesen együttdolgozóként vagy közel teljes együttdolgozással viselkedhetnek. A kompozíthatás mértéke (DOCA) 0 és 1 közötti értékkel jellemezhető, ahol a 0 az együttdolgozás hiányát, míg az 1 a teljes együttdolgozást jelenti. A valós szerkezetekben a tökéletes kompozíthatás csak közelíthető, mivel a rétegek között mindig fellép bizonyos mértékű relatív elcsúszás. A különböző esetekben tapasztalható alakváltozások és a keresztmetszeten belüli feszültségeloszlás a 38. Ábrán látható módokon alakulnak. (Forsberg–Färbäck, 2020)



38.ábra: TCC födémevek viselkedése a kompozíthatás mértékének függvényében

Forrás: Timber Concrete Composite Floors with Cross Laminated Timber – Structural Behavior & Design (Forsberg – Färbäck)

5.4 TCC födémek méretezésének módszerei

5.4.1 Gamma módszer

A γ -módszer a TCC födémek esetében a CLT és a felbeton közötti nyírási kapcsolat minőségét figyelembe vevő lineárisan rugalmas számítási eljárás. A módszer feltételezi, hogy a két réteg között mechanikus kötőelemek által biztosított kapcsolat áll fenn, amely lehetővé teszi a rétegek közötti relatív elcsúszás kialakulását. Ennek mértékét a kapcsolat csúszási tényezője (K) jellemzi, amelynek hatását a rétegek közötti relatív elmozdulásokat kifejező tényező (γ) számításakor vesszük figyelembe. Felhasználásával fejezhető ki a teljes keresztmetszet jellemző effektív hajlítási merevség.

A modell lineárisan rugalmas viselkedést feltételez, ezért nem alkalmas a tönkremenetel közelében fellépő képlékeny alakváltozások figyelembevételére. A teher növekedésével a kapcsolóelemek elérhetik folyáshatárukat, aminek következtében az együttlodogzás mértéke csökken, így keresztmetszeten belüli erőeloszlás átrendeződik. Ebből kifolyólag a módszer felülbecsülheti a tényleges teherbírást. A γ -módszer alkalmazása elsősorban a használhatósági határállapot (SLS) vizsgálatára korlátozódik. (Cuerrier Auclair et al., 2023)

5.4.2 EPM módszer

Az *elasto-plasztic model* (EPM) a TCC födémek hajlítási teherbírásának meghatározására szolgáló eljárás, amely figyelembe veszi a nyírási kapcsolatok teherbírását és képlékeny viselkedését. A módszer alapfeltevése, hogy a tönkremenetelhez közeli állapotban a kapcsolóelemek elérik teherbírásukat, így a rétegek között átadható erő a kapcsolatok összesített teherbírásával korlátozott.

Ennek megfelelően a hajlítási ellenállás nem haladhatja meg sem a kapcsolatok, sem a fa-, illetve betonréteg teherbírásából adódó határértéket. A tönkremenetel módját az határozza meg, hogy a kapcsolatok, a fa vagy a beton éri el előbb a teherbírását.

A módszer különböző tönkremeneteli eseteket vesz figyelembe – például fa által vezérelt, beton által vezérelt, illetve részben húzott beton esetét –, és ezek közül a mértékadó állapot alapján határozza meg a hajlítási teherbírást a teherbírási határállapotban (ULS). (Cuerrier Auclair et al., 2023)

5.5 Saját számítások eredményeinek ismertetése

5.5.1 Terhek és igénybevételek

A diplomamunka keretében egy jellemző közbenső födémmező részletes tartószerkezeti méretezése történt meg. A födémre érő terhek és hatások meghatározása az Eurocode 0, 1 és 5 előírásai alapján történt, figyelembe véve a tényleges épületszerkezeti kialakításból fakadó állandó és a lakóépületek használati besorolásnak megfelelő hasznos terheket.

A szerkezet igénybevételeinek számítása AXIS vége-selemes szoftverrel történt, a teherkombinációk figyelembevételével a támaszközben mértékadó hajlítónyomaték 17,13 kNm, míg a támaszoknál a nyíróerő 33,34 kN értéket vett fel. (6. sz. Melléklet)

5.5.2 Födém modellezése

A szoftver korlátjai miatt a TCC födém közvetlen modellezésére nem volt lehetőség, ezért egy helyettesítő ortotróp lemezmodell került kialakításra, amely a kompozit keresztmetszet globális viselkedését közelíti.

A helyettesítő anyagjellemzők meghatározása a γ -módszerrel számított effektív hajlítási merevségből történt, amely alapján a homogén helyettesítő lemez rugalmassági modulusa: 12 400 N/mm² (6. sz. Melléklet, 3.1.8.2).

5.5.3 Keresztmetszet ellenőrzése

A keresztmetszeti méretezés mindkét, az 5.4 fejezetben ismertetett módszerrel elvégzésre került. A γ -módszer és az EPM eredményei között csak kismértékű eltérés mutatkozott. Ugyanakkor megfigyelhető, hogy a γ -módszer 3,6%-kal magasabb értékeket adott, ami egybevág a felhasznált szakirodalomban leírtakkal.

5.5.4 Teherbírási határállapot

A számítások alapján a szerkezet viselkedését nem a fa vagy a beton szilárdsága, hanem a nyírási kapcsolatok teherbírása határozza meg. A kötőelemek összesített nyírókapacitása 445 kN, amely kisebbnek adódott, mint a fa és beton által felvehető erők, így a tönkremeneteli mechanizmust a kapcsolatok teherbírájának kimerülése vezérli.

Ez a nyírási kihasználtság közel 94%-os értékében is megjelenik, amely a méretezés szempontjából mértékadóvá teszi ezt az igénybevételt (6. sz. Melléklet, 3.3.6.5).

5.5.5 Használhatósági határállapot

A végeselemes számítások alapján a maximális lehajlás értéke 4 mm, amely a megengedett érték mintegy 28%-ának felel meg (6. sz. Melléklet, 3.3.7.1) Ez alapján a szerkezet használhatósági határállapotban megfelelőnek tekinthető.

Ugyanakkor megjegyzendő, hogy a hosszú idejű hatások – különösen a kúszás – a lehajlást számottevően növelhetik a lehajlás mértékét. (Cuerrier Auclair et al., 2023) Figyelembevéve a szerkezet alacsony kihasználtságát feltételezhetően az elegendő tartalékkal bír, a hosszú idejű alakváltozások bekövetkezésére.

5.5.6 Tűzhatás

A tűzhatásra történő méretezés jelen munkában nem került részletesen vizsgálatra, ugyanakkor annak jelentősége fa födécek esetében kiemelt tervezési határállapot. Kísérleti eredmény alapján hasonló paraméterekkel rendelkező CLT–beton öszvér födécek szabványos tűzhatás és terhelés mellett 190–214 perc után veszítik el teherbíró képességüket. (Cuerrier Auclair et al., 2023)

A vasalt felbeton a szenesedő fa alsó réteg hővédő hatása miatt hosszabb ideig megőrzi teherhordó képességét, míg a CLT réteg a semleges tengely beton irányába történő eltolódása és az egyoldali beégés következtében kedvezőbb hajlítási viselkedést mutat a tisztán fa födécekhez képest. (Cuerrier Auclair et al., 2023)

5.5.7 Következtetések

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a választott TCC födémszerkezet a vizsgált közbenső födémmező esetében mind teherbírási, mind használhatósági szempontból megfelelő tartószerkezeti megoldást jelent.

A számítások igazolták, hogy a szerkezet méretezését elsődlegesen nem a CLT vagy a beton keresztmetszeti szilárdsága, hanem a nyírási kapcsolatok teherbírása határozza meg. Ennek megfelelően a kapcsolat típusának kiválasztása nem másodlagos részletként, hanem a szerkezeti viselkedést alapvetően meghatározó elemként kezelendő.

A γ -módszerrel meghatározott helyettesítő merevségi jellemzők alkalmasnak bizonyultak a végeselemes modell felállítására, ugyanakkor a teherbírási vizsgálatok alapján a végső határállapot értékeléséhez az elasto-plasztikus modell ad realisabb képet.

A szerkezet alacsony kihasználtsági alapján teherbírási és használhatósági szempontból kedvezően viselkedik, azonban a hosszú idejű alakváltozások és a tűzhatás részletes vizsgálata további méretezési feladatot jelent.

6. Összegzés

A diplomamunka célja egy olyan lakóépítészeti beavatkozás kidolgozása volt, amelyben a választott szerkezeti rendszer, az előregyártás logikája és az építészeti kialakítás egymást kölcsönösen meghatározó elemekként jelennek meg. A tervezés során egyértelművé vált, hogy az iparilag ismételt rendszer nem pusztán kivitelezéstechnológiai kérdés, hanem közvetlenül hat az alaprajzi szervezésre, a tömegformálásra, a homlokzati megjelenésre és az épületszerkezeti részletekre is. A tervezési folyamat egyik fontos tanulsága volt, hogy az előregyártott, típuszerű szerkesztés önmagában hajlamos kötött, fegyelmezett tömegformálást eredményezni. A jelen tervben ez a kötöttség tudatosan vállalt szerkezeti és alaprajzi következményként jelenik meg, ugyanakkor a már alkalmazott loggiák, bevágások, kisebb tömegmozdulatok és homlokzati tagolások a rendszer oldásának lehetséges irányait is kijelölik. Az előregyártás így nem zárja ki az építészeti változatosságot, de annak lehetőségeit már a rendszer korai szabályainak meghatározásakor érdemes beépíteni. A dolgozat legfontosabb következtetése ezért nem egyetlen szerkezeti elem vagy technológia alkalmazhatóságához kapcsolódik, hanem ahhoz a felismeréshez, hogy az előregyártott építési rendszer építészeti értéke a szabályok és a változtathatóság egyensúlyában rejlik. A szerkezeti rendszer, a közlekedőmag, a földémszerkezet és a homlokzati elemek akkor működnek jól együtt, ha nem utólagos kötöttségként, hanem a tervezés kezdetétől tudatosan alakított szabályrendszerként jelennek meg.

7. Irodalomjegyzék

7.1. Felhasznált szakirodalom

Cuerrier Auclair, S. – Dagenais, C. – Gagnon, S. (2023): „*Technical Design Guide for Timber-Concrete Composite Floors – A Canadian Approach.*” pp. 2-9. In: *World Conference on Timber Engineering 2023 (WCTE 2023)*, Oslo, Norway, 19–22 June 2023,

Bertalan, L. – Tóth B. (2020): *Középvárosok élmezőnyében? Sopron fejlődésének lakossági megítélése.* pp. 75-89. Sopron: Soproni Egyetem Kiadó

European Commission (2025). *Cross-Border Regional Labour Market Analysis – Case study: Region Eastern Austria – Western Transdanubia (Austria–Hungary).* p. 9. Luxembourg: Publications Office of the European Union

Forsberg, A.; Färbäck, F. (2020): *Timber Concrete Composite Floors with Cross Laminated Timber – Structural Behavior & Design.* pp. 12-18. Division of Structural Engineering, Faculty of Engineering, Lund University, Lund.

GYMSM Kereskedelmi és Iparkamara (2025): „*Erőforrástérkép. Győr-Moson-Sopron vármegye*”, p. 17.

Sopron Megyei Jogú Város Önkormányzata (2008): *Integrált Városfejlesztési Stratégia.* Sopron. p. 101

Sopron MJV Önkormányzata (2025). *Sopron Fenntartható Városi Mobilitási Terve.* pp. 9-70.

Jankó, F. – Bertalan, L. (2009): „*Egy sosemvolt iparváros ipari öröksége: barnamezők Sopronban.*” *Tér és Társadalom*, 23. évf. 4. sz., pp. 103–116

Harnos, L. (2019) *A lakásárakat befolyásoló tényezők, különös tekintettel a településfejlesztési döntésekre Sopron példáján.* Doktori (Ph.D.) értekezés, Széchenyi István Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola p. 82

Kaposi, B. (2025). *Találkozások a Festő köz oázisában.* Soproni Egyetem

Kiss, É., Jankó, F., Bertalan, L. és Mikó, E. (2018). „*Nyugat és Kelet határán: Sopron a belföldi migrációban*”. p. *Tér és Társadalom*, 32(4)

Kuslits, T. (2010): „*Sopron aktuális helyzete, városrendezési és általános városfejlesztési lehetőségei*”. In: Fábián, A. (szerk.): *Párbeszéd és együttműködés. Területfejlesztési Szabadegyetem 2006–2010.* pp. 410–415. Nyugat-magyarországi Egyetemi Kiadó, Sopron

7.2.Felhasznált internetes kiadványok és források

<https://telex.hu/g7/kozelet/2023/03/09/europa-egyik-legnagyobb-ingazo-kozossege-az-ausztriaba-jaro-nyugat-dunantuli-magyaroke> (2026.04.25)

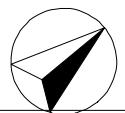
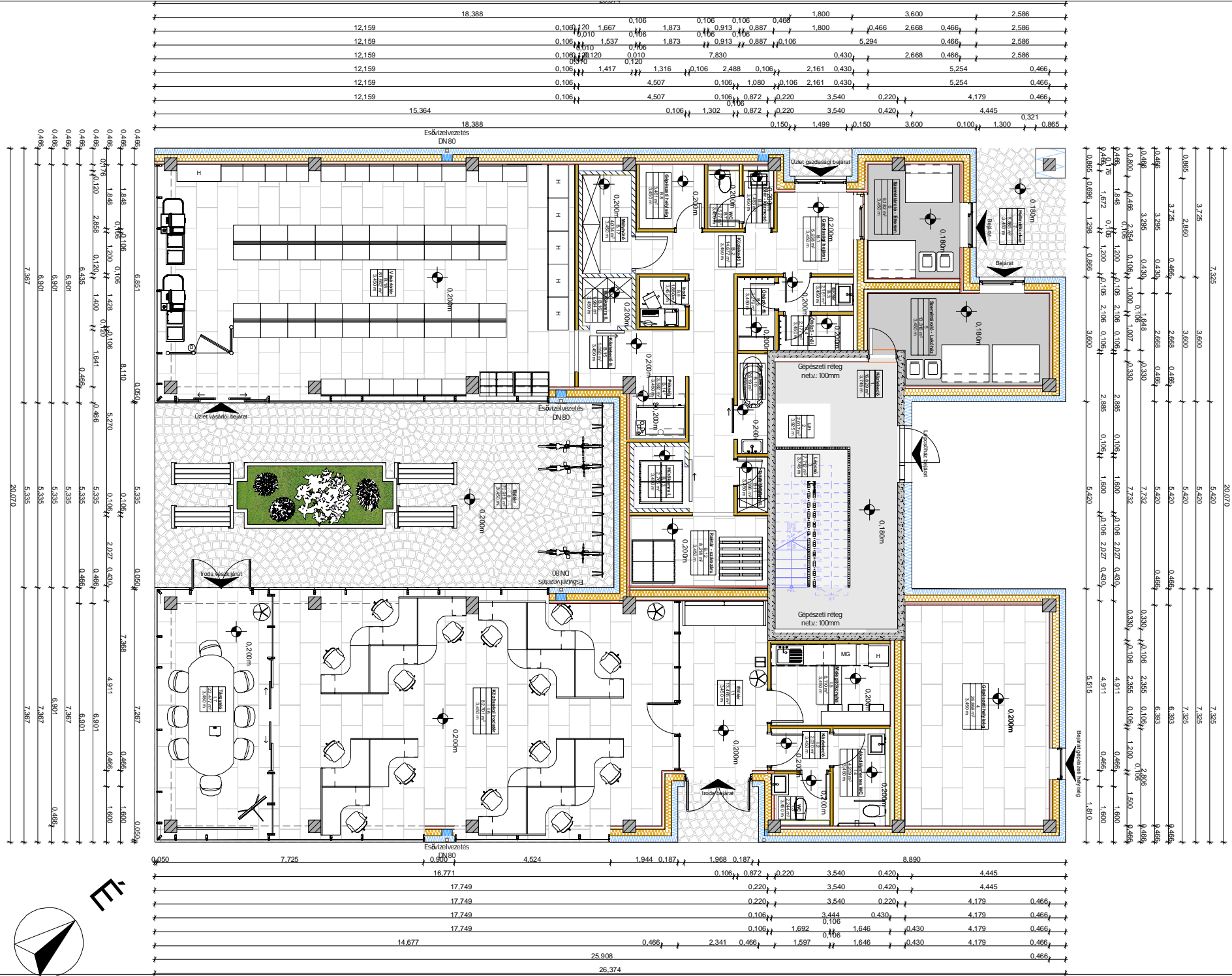
<https://etk.uni-sopron.hu/kollegiumi-jelentkezes> (2026.04.27)

7.3.Mellékletek

1. sz. Melléklet: Engedélyezési tervdokumentáció (1.)
2. sz. Melléklet: Látványtervek (2-3. oldal)
3. sz. Melléklet: Lakó-Szolgáltató Épület – II. Szint Alaprajz (4. oldal)
4. sz. Melléklet: Lakó-Szolgáltató Épület – I. Szint Alaprajz (5. oldal)
5. sz. Melléklet: Lakó-Szolgáltató Épület – I. Szint Alaprajz (6. oldal)
6. sz. Melléklet: Öszvérfödém méretezés számolása (7-20. oldal)







Tervező munkatárs:	
Gonda Péter Benedek	
Tervezői szervezet:	
Diplomamunka	
Engedélyezett neve	
Építő hely:	
Sopron, Baross út	
Rajzszám:	
42908	
Rajz megnevezése:	
Üzlet-Lakép. Alaprajz, 1. szint	
Méretarány:	
M:1:50	
Rajzterület: A/1	
Dátum:	
2024. május 10.	
Rajzszám:	
A.15	

3. A szelvény méretezése ULS határállapotban:

Samuel C., - Christian D., Sylvain G. - (2023) *Technival Design guide for timber-concrete composite floors- a Canadian approach 2.-9.o*

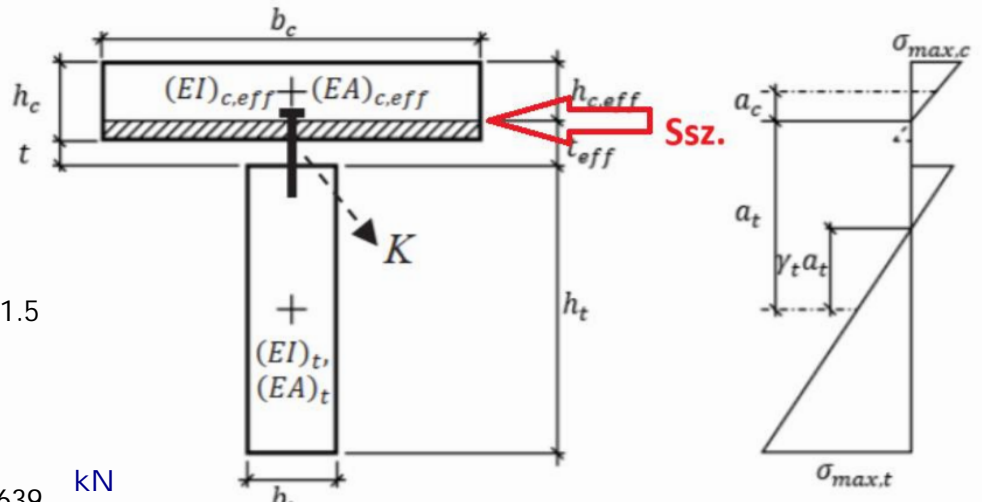
$$L := 6380 \text{ mm}$$

$$S_{\text{eff}} := 80 \text{ mm}$$

$$n_{\text{km.merőleges}} := \frac{1 \text{ m}}{S_{\text{eff}}} - 1 = 11.5$$

$$k_{\text{ser}} := 11.4 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

$$K := \frac{n_{\text{km.merőleges}} \cdot k_{\text{ser}}}{S_{\text{eff}}} = 1.639 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$



3.1. Szelvény jellemzők:

3.1.1. Beton: C30/37

$$h_c := 80 \text{ mm}$$

$$b_c := 1000 \text{ mm}$$

$$\phi_s := 10 \text{ mm}$$

$$s_s := 100 \text{ mm}$$

$$n_s := \frac{b_c}{s_s} = 10$$

$$A_c := h_c \cdot b_c = 0.08 \text{ m}^2$$

$$f_{c,k} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Acél: B500 $\phi 10/100/100$

$$E_c := 33000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_s := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t := 0 \text{ mm}$$

$$f_{y,k} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_s := n_s \cdot \left(\frac{\pi \cdot \phi_s^2}{4} \right) = 785.398 \text{ mm}^2$$

3.1.2. Beton acél miatt korigált rugalmassági modulusa:

$$E_{c,\text{eff}} := E_c \cdot \left(1 + \left(\frac{A_s}{A_c} \right) \cdot \left(\frac{E_s}{E_c} \right) \right) = (3.506 \cdot 10^4) \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{c,\text{eff}} = (3.506 \cdot 10^4) \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > E_c = (3.3 \cdot 10^4) \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{MF!}$$

3.1.3. CLT: BBS XL 180 / 5 / 1AB

$$h_t := 120 \text{ mm}$$

$$E_t := 12000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$b_t := 1000 \text{ mm}$$

$$G_{t,\text{rolls}} := 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$n_{\text{lamella}} := 5$$

$$h_{t,\text{lamella}} := \frac{h_t}{n_{\text{lamella}}} = 24 \text{ mm}$$

$$A_t := b_t \cdot h_t = (1.2 \cdot 10^5) \text{ mm}^2$$

3.1.3.A réteges CLT km. másodrendű statikai nyomatéka:

Rétegek közötti együttműködés!

$$\gamma_{t,1} := \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_t \cdot h_{t, \text{lamella}}^2}{G_{t, \text{rolls}} \cdot L^2}} = 0.968 \quad \gamma_{t,l} := 1$$

Saját súlypontra!

$$I_t := \left(2 \cdot \left(\gamma_{t,1} \cdot \left(\frac{b_t \cdot h_{t, \text{lamella}}^3}{12} + b_t \cdot h_{t, \text{lamella}} \cdot (2 \cdot h_{t, \text{lamella}})^2 \right) \right) \right) + \left(\gamma_{t,l} \cdot \left(\frac{b_t \cdot h_{t, \text{lamella}}^3}{12} \right) \right) = (1.104 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

3.1.4.Kompozíthatás kifejezése:

$$\gamma_{t,1} = 0.968$$

$$\gamma_t := \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 (E_t \cdot A_t)}{K \cdot L^2}} = 0.824$$

$$\gamma_c := 1$$

3.1.5.A CLT súlypontjának távolsága a kompozit km. semleges tengelyétől:

3.1.5.2.A CLT lemez hatékony tengelyirányú merevsége:

$$EA_{t, \text{eff}} := E_t \cdot b_t \cdot (h_{t, \text{lamella}} \cdot 3) = (8.64 \cdot 10^5) \text{ kN}$$

3.1.5.3.A CLT lemez hatékony hajlítómerevsége:

$$EI_{t, \text{eff}} := E_t \cdot I_t = (1.325 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

3.1.5.4.VB és CLT súlypontjainak távolsága:

$$h_{c, \text{eff}} := 70.64 \text{ mm}$$

Értéke a következőoldalon.

$$r := \frac{h_t}{2} + t + h_c - \frac{h_{c, \text{eff}}}{2} = 104.68 \text{ mm}$$

3.1.5.4.VB súlypontjának távolsága a semlegesszáltól:

$$a_c := 24.498 \text{ mm}$$

Értéke a következőoldalon.

$$a_t := r - a_c = 80.182 \text{ mm}$$

3.1.5.5. A semlegesszál pozíciója a födém alsó síkjától:

$$\text{Ssz.} := h_t + \left(\frac{h_c}{2} - a_c \right) = 135.502 \text{ mm}$$

3.1.6.A VB súlypontjának távolsága a kompozit km. semleges tengelyétől:

3.1.6.1.A VB lemez hatékony magassága:

$$a := \frac{\gamma_t \cdot (E_t \cdot A_t)}{E_c \cdot b_c} = 35.972 \text{ mm}$$

$$h_{c,\text{eff}} := \min \left(\sqrt{a^2 + a \cdot (h_t + 2 \cdot h_c + 2 \cdot 0)} - a, h_c \right) = 70.64 \text{ mm}$$

3.1.6.2.A VB lemez hatékony tengelyirányú merevsége:

$$EA_{c,\text{eff}} := E_c \cdot b_c \cdot h_{c,\text{eff}} = (2.331 \cdot 10^6) \text{ kN}$$

3.1.6.3.A VB lemez hatékony hajlítómerevsége:

$$EI_{c,\text{eff}} := \frac{E_c \cdot b_c \cdot h_{c,\text{eff}}^3}{12} = 969.366 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

3.1.6.4.VB és CLT súlypontjainak távolsága:

$$r := \frac{h_t}{2} + t + h_c - \frac{h_{c,\text{eff}}}{2} = 104.68 \text{ mm}$$

3.1.6.4.VB súlypontjának távolsága a semlegesszáltól:

$$a_c := \frac{\gamma_t \cdot EA_{t,\text{eff}} \cdot r}{EA_{c,\text{eff}} + \gamma_t \cdot EA_{t,\text{eff}}} = 24.498 \text{ mm}$$

3.1.7.Összvár km. rugalmas jellemzője: (ULS)

$$EI_{\text{eff}} := EI_{c,\text{eff}} + EI_{t,\text{eff}} + \gamma_c \cdot EA_{c,\text{eff}} \cdot a_c^2 + \gamma_t \cdot EA_{t,\text{eff}} \cdot a_t^2 = 8.272 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$$

Össze kell hasonlítani az SLS-sel

3.1.8.Helyettesítő km. jellemzői: (VEM)

3.1.8.1.Helyettesítő km:

$$h_{\text{helyettesítő}} := h_c + h_t = 200 \text{ mm}$$

$$v_{\text{helyettesítő}} := 0.2$$

Betonnak és fának megegyezik!

$$b_{\text{helyettesítő}} := 1000 \text{ mm}$$

$$I_{\text{helyettesítő}} := \frac{b_{\text{helyettesítő}} \cdot h_{\text{helyettesítő}}^3}{12} = (6.667 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

3.1.8.2.Homogén km. helyettesítő rugalmassági modulusa:

$$E_{\text{helyettesítő}} := \frac{EI_{\text{eff}}}{I_{\text{helyettesítő}}} = (1.241 \cdot 10^4) \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

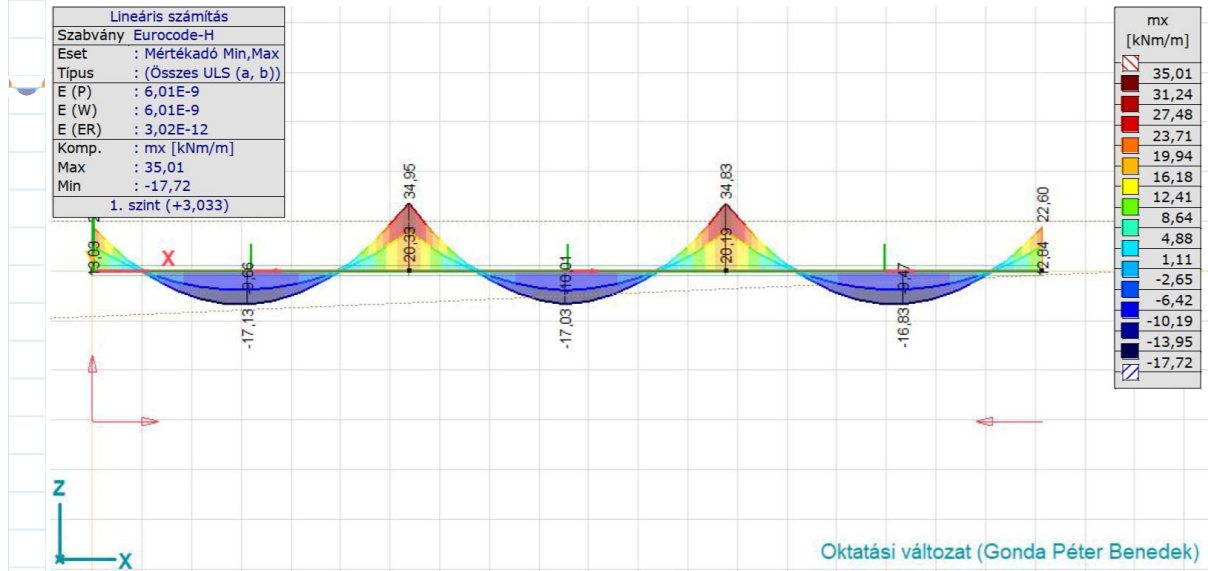
3.1.8.2.Sűrűség:

$$\rho_t := 480 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_c := 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

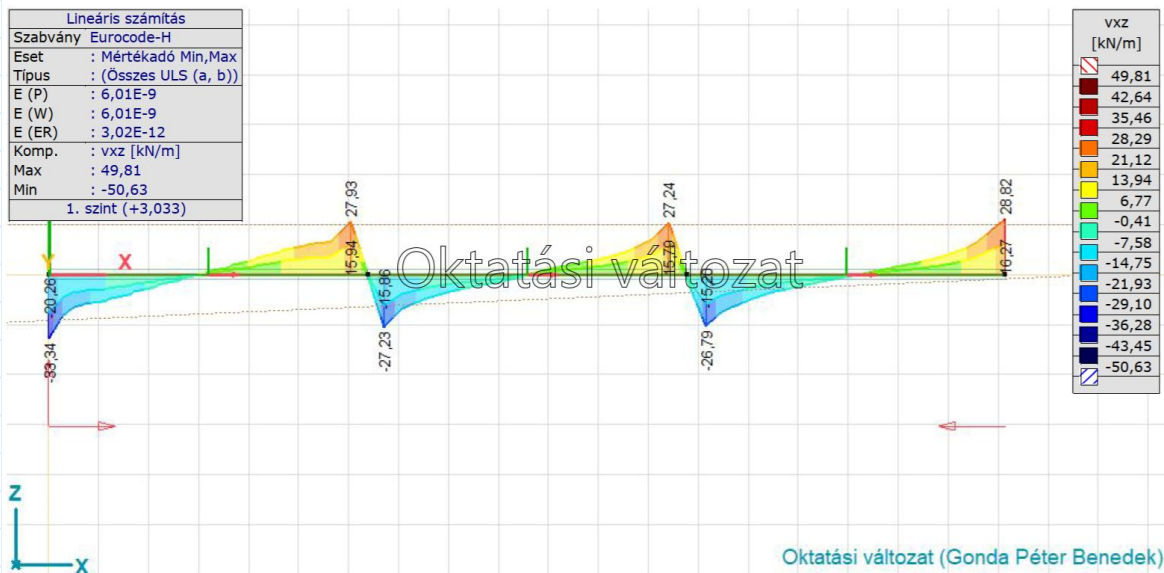
$$\rho_{\text{helyettesítő}} := \frac{\rho_c \cdot h_c + \rho_t \cdot h_t}{h_c + h_t} = (1.288 \cdot 10^3) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

3.2. Gamma módszer: 3.2.1. Igénybevételek:



$$M_{Ed,támaszköz} := 17.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Nyomaték



$$V_{Ed,támasz} := 33.34 \text{ kN}$$

Nyírás

3.2.1.2. VB rétegben ébredő igénybevételek:

$$N_c := \frac{\gamma_c \cdot EA_{c,\text{eff}} \cdot a_c}{EI_{\text{eff}}} \cdot M_{\text{Ed.támaszköz}} = 118.26 \text{ kN}$$

$$M_{c,\text{Rd}} := \frac{EI_{c,\text{eff}}}{EI_{\text{eff}}} \cdot M_{\text{Ed.támaszköz}} = 2.007 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

3.2.1.3. CLT rétegben ébredő igénybevételek:

$$N_t := \frac{\gamma_t \cdot EA_{t,\text{eff}} \cdot a_t}{EI_{\text{eff}}} \cdot M_{\text{Ed.támaszköz}} = 118.261 \text{ kN}$$

$$M_{t,\text{Rd}} := \frac{EI_{t,\text{eff}}}{EI_{\text{eff}}} \cdot M_{\text{Ed.támaszköz}} = 2.743 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

3.2.1.4. CLT rétegben ébredő maximális normálfeszültségek

$$\sigma_{\text{max.t}} := \frac{M_{\text{Ed.támaszköz}}}{b_t \cdot h_t \cdot EI_{\text{eff}}} \cdot \left(\left(\frac{6 \cdot EI_{t,\text{eff}}}{h_t} \right) + \gamma_t \cdot EA_{t,\text{eff}} \cdot a_t \right) = 2.128 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3.2.1.5. VB rétegben ébredő maximális normálfeszültségek

$$\sigma_{\text{max.c}} := \frac{M_{\text{Ed.támaszköz}}}{b_c \cdot h_c \cdot EI_{\text{eff}}} \cdot \left(\left(\frac{6 \cdot EI_{c,\text{eff}}}{h_c} \right) + \gamma_c \cdot EA_{c,\text{eff}} \cdot a_c \right) = 3.36 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3.2.1.6. CLT interakciós feltétel:

$$\frac{T_{f,t}}{T_{r,t}} + \frac{M_{f,t}}{M_{r,t}} \leq 1.0 \quad \frac{N}{Af} + \frac{M}{Wf_m} \leq 1$$

$$n := 5$$

$$n_{\text{eff}} := n - 2 = 3$$

$$A_{t,\text{eff}} := (h_t \cdot b_t) \cdot \frac{n_{\text{eff}}}{n} = (7.2 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_{t,0,k} := 14.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{t,m,k} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Binderholz CLT BBS XL! (a simánál eltérő!)

$$k_{\text{mod}} := 0.6$$

2. Felhasználási osztály, állandó teheridőtartam

EC - Fa tartószervezetek (Tervezés az EC. alapján) 18.0

$$\gamma_M := 1.2$$

LVL termékek, rétegelt lemezek

EC - Fa tartószerkezetek (Tervezés az EC. alapján) 18.o

$$f_{t.0.d} := \frac{k_{mod} \cdot f_{t.0.k}}{\gamma_M} = 7.25 \frac{N}{mm^2} \quad f_{t.m.d} := \frac{k_{mod} \cdot f_{t.m.k}}{\gamma_M} = 12 \frac{N}{mm^2}$$

3.2.1.7.1. CLT km. húzással szembeni ellenállása

$$T_{r,t} := f_{t.0.d} \cdot A_{t,eff} = 522 \text{ kN}$$

3.2.1.7.2. CLT km. hajlítással szembeni ellenállása

Ssz. = 135.502 mm *Semlegesszál pozíciója a földem alsó síkjától véve.*

$$h_i := \frac{h_t}{n} = 24 \text{ mm}$$

$$A_{t,lamella} := h_i \cdot b_t = (2.4 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

1db Lamella geometriai adatai.

$$a_{t,1} := Ssz. - \frac{h_i}{2} = 123.502 \text{ mm}$$

$$a_{t,2} := Ssz. - \left(\frac{h_i}{2} + 2 \cdot h_i \right) = 75.502 \text{ mm}$$

$$a_{t,3} := Ssz. - \left(\frac{h_i}{2} + 4 \cdot h_i \right) = 27.502 \text{ mm}$$

Lamellák súlypontjának távolsága a semlegesszáltól. (INDEXELÉS: 1.alsó;2.közéső;3.felső)

$$I_{t,1} := \frac{b_t \cdot h_i^3}{12} + b_t \cdot h_i \cdot a_{t,1}^2 = (3.672 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$I_{t,2} := \frac{b_t \cdot h_i^3}{12} + b_t \cdot h_i \cdot a_{t,2}^2 = (1.38 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$I_{t,3} := \frac{b_t \cdot h_i^3}{12} + b_t \cdot h_i \cdot a_{t,3}^2 = (1.93 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

Az inhomogén km. miatt szét kell bontani!

$$c_{t,1} := Ssz. = 135.502 \text{ mm}$$

$$c_{t,2} := Ssz. - (2 \cdot h_i) = 87.502 \text{ mm}$$

$$c_{t,3} := Ssz. - (4 \cdot h_i) = 39.502 \text{ mm}$$

Rétegek távolabbeső szélső szálainak és a semlegestengelynek a távolsága.

$$W_{t,1} := \frac{I_{t,1}}{c_{t,1}} = (2.71 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$W_{t,2} := \frac{I_{t,2}}{c_{t,2}} = (1.577 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$W_{t,3} := \frac{I_{t,3}}{c_{t,3}} = (4.887 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

Ezért a keresztmetszet elsőrendű statikai nyomatékát és külön kell számolni a rétegekre.

$$W_t := W_{t,1} + W_{t,2} + W_{t,3} = (4.775 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$W_{t,\text{eff}} := \frac{I_{t,1} + I_{t,2} + I_{t,3}}{C_{t,1}} = (3.871 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$M_{r,t} := f_{t,m,d} \cdot W_{t,\text{eff}} = 46.448 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

3.2.1.7.3. Az interakció vizsgálata:

$$T_{f,t} := N_t = 118.261 \text{ kN}$$

$$M_{f,t} := M_{t,Rd} = 2.743 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$\frac{|T_{f,t}|}{T_{r,t}} + \frac{|M_{f,t}|}{M_{r,t}} = 0.286 \quad \blacksquare \quad 1 \quad \text{MF!}$$

3.2.1.8. r r r r

3.2.1.8.1 CLT hajlítási ellenállása:

$$M_{r,y,t} := \frac{EI_{\text{eff}} \cdot T_{r,t} \cdot M_{r,t}}{\gamma_t \cdot EA_{t,\text{eff}} \cdot a_t \cdot M_{r,t} + EI_{t,\text{eff}} \cdot T_{r,t}} = 59.977 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

3.2.1.8.2 VB hajlítási ellenállása:

$$M_{r,y,c} = 0.9 \phi_c f_c S_c \quad \gamma_c := 1.5 \quad \phi_c := \frac{1}{\gamma_c} = ?$$

$$c_{\text{nom}} := 25 \text{ mm} \quad A_s = 785.398 \text{ mm}^2$$

γ_c - jelen esetben biztonsági tényező (nem az együttdolgozást minőségét bemutató tényező)

Alapeset, előregyártott, minőségellenőrzött technológia esetében ez alacsonyabb is lehet (akár 1.3)

CSA A23.3 - 19 szabvány ezt a biztonsági tényezőt, 1-nél kisebb értékkel veszi fel

$$S_c := \frac{EI_{\text{eff}}}{E_c \cdot (0.5 \cdot h_c + \gamma_c \cdot a_c)} = (3.266 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$M_{r,y,c} := 0.9 \cdot \phi_c \cdot f_{c,k} \cdot S_c = 58.792 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

3.2.1.8.3 Öszvér km. hajlítási ellenállása:

$$M_{r,y} := \min(M_{r,y,c}, M_{r,y,t}) = 58.792 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{Ed}} := \max(M_{\text{Ed.támaszköz}}, M_{\text{Ed.támaszköz}}) = 17.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

3.2.1.8. Öszvér km. hajlítási kihasználtsága:

$$\text{kihasználtság}_{M,r,y} := \frac{|M_{\text{Ed.támaszköz}}|}{M_{r,y}} = 0.291 \quad \blacksquare \quad 1 \quad \text{MF!}$$

RIDEG viselkedésű nyírási kapcsolat feltételezésével.

3.3. EPM módszer

3.3.1. Ha a kötőelemek megfolynak a km. tönkremenetele előtt

3.3.1.1. A kötőelemek teherbírása

$$n_{f.sorok} := \frac{1 \text{ m}}{S_{eff}} - 1 = 11.5$$

$$n_{f.hosszmentén} := \frac{1 \text{ m}}{S_{eff}} - 1 = 11.5$$

$$L = 6.38 \text{ m}$$

$$l := \frac{L}{2 \text{ m}} = 3.19$$

A nyomatéki zéruspont és maximum közötti szakaszon kell értelmezni ezt a számot:

$$m := n_{f.sorok} \cdot \frac{l}{2} \cdot n_{f.hosszmentén} = 210.939$$

$$f_{f.tens.k} := 45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Csavaronként, átmérőnként eltérő lehet!

Katalógusok - Rothoblass timber screws and deck fastenings 264.o

$$d_{f.s} := 6.5 \text{ mm}$$

$$\alpha_f := 45^\circ$$

Csavarok állása.

$$A_{f,eff} := \frac{\pi \cdot d_{f.s}^2}{4 \cdot \cos(\alpha_f)} = 46.928 \text{ mm}^2$$

$$V_{f,r} := A_{f,eff} \cdot f_{f.tens.k} = 2.112 \text{ kN}$$

$$V_{f,tot,r} := m \cdot V_{f,r} = 445.452 \text{ kN}$$

Ez a csavarok által maximálisan felvehető nyíróerő

3.3.1.2. Nyírási kötőelemek teherbírása:

$$N_{c.belső} := V_{f,tot,r} \quad N_{t.belső} := V_{f,tot,r} \quad N := V_{f,tot,r}$$

$$\min(T_{r,t}, 0.9 \cdot \phi_c \cdot f_{c,k} \cdot A_c) = 522 \text{ kN} \quad > \quad m \cdot V_{f,r} = 445.452 \text{ kN}$$

Ez azt jelenti, hogy a nyírási kötőelemek hamarabb folynak meg, mint hogy a CLT vagy a VB elérné a szilárdsági határértékét.

3.3.2. Ha a kötőelemek megfolysa előtt tönkre megy a km.

3.3.2.1. Nyírási kötőelemek teherbírása:

$$\min(T_{r,t}, 0.9 \cdot \phi_c \cdot f_{c,k} \cdot A_c) = 522 \text{ kN} \quad \blacksquare \quad m \cdot V_{f,r} = 445.452 \text{ kN}$$

$$N' := \min(T_{r,t}, 0.9 \cdot \phi_c \cdot f_{c,k} \cdot A_c) \quad h_{C,eff} := h_c$$

$$\sigma_{B,T} := 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{B,C} := 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3.3.3. Ha CLT korlátozza a teherbírást

3.3.3.1. Feszültség a CLT-ben

$$\sigma_{b,t} = \left(1.0 - \frac{N}{T_{r,t}}\right) \frac{6M_{r,t}}{b_t h_t^2} \quad \sigma_{\max} = \frac{M \cdot c}{I}$$

A CLT inhomogén km.-e miatt át kellett alakítani.

$$A_{t,\text{lamella}} = 0.024 \text{ m}^2$$

$$I_{t,\text{eff}} := 3 \cdot \frac{b_t \cdot h_{t,\text{lamella}}^3}{12} + (A_{t,\text{lamella}} \cdot a_{t,1}^2) + (A_{t,\text{lamella}} \cdot a_{t,2}^2) + (A_{t,\text{lamella}} \cdot a_{t,3}^2) = (5.245 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$c := Ssz. = 135.502 \text{ mm}$$

$$\sigma_{b,t} := \left(1 - \frac{N}{T_{r,t}}\right) \cdot \left(\frac{M_{r,t} \cdot c}{I_{t,\text{eff}}}\right) = 1.76 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{t,m,d} = 12 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3.3.3.2. Feszültség a beton km.-ben

3.3.3.2.1. Feszültség a beton km.-ben, ha húzásra is dolgozik

$$I_{\text{ref}} := \frac{b_t \cdot h_t^3}{12} + b_t \cdot h_t \cdot \left(Ssz. - \frac{h_t}{2}\right)^2 = (8.281 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

Az inhomogén km. homogenizálása.

Note that E_t in the EPM is equal to $12(EI)_t / (b_t h_t^3)$.

$$E'_t := \left(\frac{E_t \cdot I_{t,\text{eff}}}{I_{\text{ref}}}\right) = (7.601 \cdot 10^3) \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h_{c,\text{Eff}} := \sqrt[2]{\frac{N \cdot E'_t \cdot h_t}{E_c \cdot \sigma_{b,t} \cdot b_c}} = 83.644 \text{ mm} \quad h_c = 80 \text{ mm}$$

$$\sigma_{b,c} := \frac{N}{b_c \cdot h_{c,\text{Eff}}} = 5.326 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad 0.45 \cdot \phi_c \cdot f_{c,k} = 9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3.3.3.3 Feszültség a beton km.-ben ha csak nyomásra dolgozik

$$a_c = 24.498 \text{ mm} \quad 0 \text{ mm}$$

$$\sigma'_{b,c} := \frac{E_c \cdot h_c}{E_t \cdot h_t} \cdot \sigma_{b,t} = 3.226 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad 0.9 \cdot \phi_c \cdot f_{c,k} - \frac{N}{b_c \cdot h_c} = 12.432 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3.3.4. Ha a VB korlátozza a teherbírást

3.3.4.1. Feszültségek a km.-ben, ha a beton húzásra is dolgozik

3.3.4.1.1. Feszültség a betonban

$$h''_{c,eff} := \frac{2 \cdot N}{0.9 \cdot \phi_c \cdot f_{c,k} \cdot b_c} = 49.495 \text{ mm} \quad \blacksquare \quad h_c = 80 \text{ mm}$$

$$\sigma''_{b,c} := 0.45 \cdot \phi_c \cdot f_{c,k} = 9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3.3.4.1.2 Feszültség a CLT-ben

$$\sigma''_{b,t} := \frac{E'_t \cdot (3 \cdot h_i) \cdot b_c \cdot (0.9 \cdot \phi_c \cdot f_{c,k})^2}{4 \cdot E_c \cdot N} = 3.015 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \blacksquare \quad \sigma_{b,t} = 1.76 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3.3.4.2. Feszültség a km.-ben, ha a beton csak nyomásra dolgozik

3.3.4.2.1. Feszültség a betonban

$$\sigma'''_{b,c} := 0.9 \cdot \phi_c \cdot f_{c,k} - \frac{N}{b_c \cdot h_c} = 12.432 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \blacksquare \quad \frac{N}{b_c \cdot h_c} = 5.568 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3.3.4.2.2. Feszültség a CLT-ben

$$\sigma'''_{b,t} := \frac{E'_t \cdot (3 \cdot h_i)}{E_c \cdot h_c} \cdot \left(0.9 \cdot \phi_c \cdot f_{c,k} - \frac{N}{b_c \cdot h_{c,eff}} \right) = 2.424 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \blacksquare \quad \sigma_{b,t} = 1.76 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3.3.5. Az öszvérszerkezet hajlítási teherbírása

A korábban számolt értékeket tönkremenetel módjának megfelelően kell behelyettesíteni!!

$$N_{r,EP} := N$$

$$h_{c,r,EP} := h_{c,eff}$$

$$M_{r,EP} := N_{r,EP} \cdot \left(\frac{h_t}{2} + t + h_c - \frac{h_{c,r,EP}}{2} \right) + \sigma_{b,c} \cdot \frac{b_c \cdot h_{c,r,EP}^2}{6} + \sigma_{b,t} \cdot W_{t,eff} = 56.755 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_r := \min(M_{r,y,t}, M_{r,y,c}, M_{r,EP}) = 56.755 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

3.3.5.1. Az öszvér km. hajlítási kihasználtsága

$$\text{kihasználtság}_{M,EP} := \frac{M_{Ed.támaszköz}}{M_{r,EP}} = 0.302 \quad \color{orange}{\blacksquare} \quad 1 \quad \color{green}{\text{MF!}}$$

3.3.6. Nyírási ellenállás:

3.3.6.1. Vonalmenti nyíróerő:

$$\tau_{\text{kapcs}} := \frac{\gamma_t \cdot EA_{t,\text{eff}} \cdot a_t}{EI_{\text{eff}}} \cdot V_{\text{Ed.támasz}} = 230.171 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

3.3.6.2. Egy kötőelemre jutó nyíróerő:

$$n_{f.\text{sorok}} = 11.5 \quad s_{\text{eff}} = 80 \text{ mm}$$

$$n_{f.\text{hosszmentén}} = 11.5$$

$$n_{\text{felület}} := n_{f.\text{sorok}} \cdot n_{f.\text{hosszmentén}} = 132.25$$

$$a_{1,\text{min}} := 110 \text{ mm} \cdot \sin(45^\circ) = 77.782 \text{ mm}$$

$$F_{\text{kapcs}} := \frac{\tau_{\text{kapcs}} \cdot s_{\text{eff}}}{n_{f.\text{hosszmentén}}} = 1.601 \text{ kN}$$

$$V_{f,r} = 2.112 \text{ kN} \quad \text{MF!}$$

3.3.6.3 A kötőelemek összesített nyírószilárdsága

$$V_{r,\gamma,\text{conn}} = \frac{n(EI)_{\text{eff}}}{\gamma_t(EA)_t a_t s} V_{r,\text{conn}} \quad \rightarrow \quad V_{r,\gamma,\text{conn}} = \sum_i \left(\frac{(EI)_{\text{eff},i}}{(EA)_i \cdot a_i \cdot s \cdot \gamma_t} \cdot n_i \cdot V_{r,\text{conn},i} \right)$$

$$a_{t,\text{eff}} := \frac{a_{t,1} + a_{t,2} + a_{t,3}}{3} = 75.502 \text{ mm}$$

A lamellák semlegesszájtól vett súlyponttávolságát az egyszerűség kedvéért átlagolom. Amennyiben eltérő vastagságúak lennének, súlyozni kellene!

$$V_{r,y,\text{kapcs}} := \frac{n_{f.\text{hosszmentén}} \cdot EI_{\text{eff}}}{\gamma_t \cdot E_t \cdot 3 \cdot A_{t,\text{lamella}} \cdot a_{t,\text{eff}} \cdot s_{\text{eff}}} \cdot F_{\text{kapcs}} = 35.407 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{\text{Ed.támasz}}}{V_{r,y,\text{kapcs}}} = 0.942$$

$$1 \quad \text{MF!}$$

3.3.6.4.

3.3.6.4.1. Az öszvér km. CLT rétegeinek nyíró teherbírása:

$$f_{v,e,0,t} := 1.07 \text{ MPa}$$

$$V_{r,t} := f_{v,e,0,t} \cdot 3 \cdot A_{t,\text{lamella}} = 77.04 \text{ kN}$$

$$EI_t := (I_{t,1} + I_{t,2} + I_{t,3}) \cdot E_t = (6.294 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$V_{r,y,t} := \frac{EI_{\text{eff}}}{EI_t + 0.5 \cdot \gamma_t \cdot (E_t \cdot 3 \cdot A_{t,\text{lamella}}) \cdot (h_t + t) \cdot a_{t,\text{eff}}} \cdot V_{r,t} = 66.94 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{\text{Ed.támasz}}}{V_{r,y,t}} = 0.498$$

$$1 \quad \text{MF!}$$

3.3.6.4.2. Az öszvér km. VB felső rétegének nyíró teherbírása:

3 37

$$d = 90\text{mm} \quad (\text{lemez magassága})$$

$$\beta = 1,00$$

$$\rho_l = 1,00 \quad (\text{húzott vashányad})$$

$$a_c = 24.498 \text{ mm}$$

A semlegesszal és a vasalt felbeton súlypontjának távolsága.

$$I_c := \frac{b_c \cdot h_c^3}{12} + b_c \cdot h_c \cdot a_c^2 = (9.068 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

A beton km. másodrendű statikai nyomatéka.

$$E_c = (3.3 \cdot 10^4) \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\zeta := 0.401$$

$$f_{ctd} := 1.4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{v,t} := c \cdot f_{ctd} = 0.561 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$V_{r,c} := A_c \cdot f_{v,t} = 44.912 \text{ kN}$$

$$V_{r,y,c} := \frac{EI_{eff}}{E_c \cdot I_c + 0.5 \cdot \gamma_c \cdot (E_c \cdot A_c) \cdot (2 \cdot h_c - h_{c,eff} + t) \cdot a_c} \cdot V_{r,c} = 63.161 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,támasz}}{V_{r,y,c}} = 0.528$$



1

MF!

3.3.6.5. A teljes kompozit km. nyírási teherbírása:

$$V_{Rd} := \min(V_{r,y,c}, V_{r,y,t}, V_{r,y,kapcs}) = 35.407 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,támasz}}{V_{Rd}} = 0.942$$



1

MF!

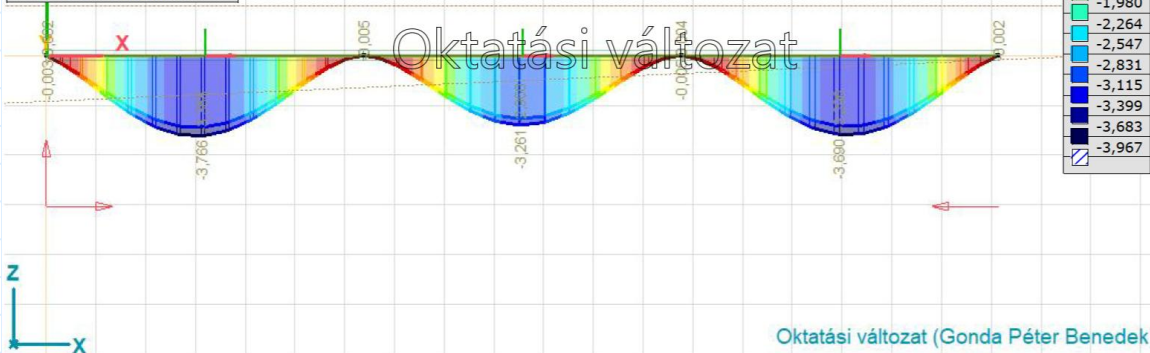
3.3.6. Lehajlás

3.3.6.1. Lemez pillanatnyi lehajlása

Kúszással többszörös lehet

$w := 4 \text{ mm}$

Lineáris számítás	
Szabvány	Eurocode-H
Eset	: Mértékadó Min,Max
Típus	: (SLS Kváziállandó)
E (P)	: 6,01E-9
E (W)	: 6,01E-9
E (ER)	: 3,02E-12
Komp.	: eZ [mm]
Max	: 0,007
Min	: -3,967
1. szint (+3,033)	



Lehajlás

3.3.6.1. Kihasználtság

$$L_0 := \frac{L}{1.5} = (4.253 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$L = 6.38 \text{ m}$$

$$w_{\text{megengedett}} := \frac{L_0}{300} = 14.178 \text{ mm}$$

$$\frac{w}{w_{\text{megengedett}}} = 0.282$$



1

MF!