

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT

ÓE-YBL
2024.

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

Falusi Sándor



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Falusi Sándor

Szakdolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: Építőmérnöki

Specializáció: Geotechnika

Magasépítési

A dolgozat címe: Alápincézett kétlakásos társasház tartószerkezeti tervezése.

A dolgozat címe angolul: Structural design of an apartment house with two flats and basement

A feladat részletezése: Átfogó tartószerkezeti méretezés egy Budakalászon épülő szabadon álló két szintes kétlakásos társasházról. A ház bruttó alapterülete 189 m², hasznos alapterülete 271 m². A lakótérben a lakások külön szinten helyezkednek el, egy földszinti üzletrésszel. A pincében mélygarázs található. Az épület teherhordó falai részben vasbeton szerkezetű, részben kerámia falazóblokkokból készülnek. A födémek és konzolos erkély vasbeton kivitelűek.

Intézményi konzulens neve: Szabó Balázs

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 06. 30.

Beadási határidő: 2024. 05. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet
1446 Budapest, Thököly út 74.
1442 Budapest 70., Pf. 117.

Kiadva: Budapest, 2024. 03. 26.

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2024. 05. 15.

belső konzulens

külső konzulens

SZAKDOLGOZAT KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

Hallgató neve: Falusi Sándor

Dolgozat száma:

Oktatási azonosítója:

Szak, specializáció megnevezése:

Neptun azonosítója:

Építőmérnöki szak,.....

Törzskönyvi száma:

Magasépítési specializáció.....

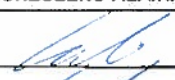
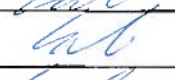
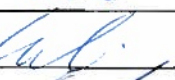
A dolgozat címe magyar nyelven: Alápincézett kétlakásos társasház tartószerkezeti tervezése

A dolgozat címe angol nyelven: Structural design of an apartment house with two flats and basement

Belső (kari) konzulens neve: Szabó Balázs.....

Külső konzulens neve:.....

Külső konzulens munkahelye:.....

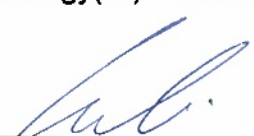
ALK.	DÁTUM	KONZULTÁCIÓ TÉMÁJA, TARTALMA	KONZULENS ALÁÍRÁSA
1.	2024.02.16	Építészeti tervek elemzése	
2.	2024.04.05.	AxisVM modell konzultációja	
3.	2024.04.10.	AxisVM modell véglegesítése	
4.	2024.05.07.	Rajzok konzultációja	

A Konzultációs naplót minimum négy alkalommal az egyes konzultációk alkalmával kell láttamoztatni bármelyik konzulenssel.

A részvételt a konzulens akkor igazolhatja, ha arra a hallgató felkészülten érkezik, azaz érdemi konzultáció történt.

A hallgató a Szakdolgozat/Diplomaterv/Diplomamunka tantárgy(ak)* követelményét teljesítette.

Kelt:  2024.05.10.
 (hely), (dátum)



 belső (kari) konzulens

* A megfelelő elá húzandó

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott FALUSI SÁNDOR hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: SIEGED (hely), 2014.05.10. (dátum)



hallgató

Szeretném kifejezni hálámat
feleségemnek, aki mindenben támogatott,
kislányomnak, aki jelenlétével motivált,
munkatársaimnak, akik tapasztalatukkal segítettek.

1. Tartalomjegyzék

2.	Előzmények	8
3.	Általános ismertetés.....	8
3.1.	Talajmechanikai adottságok	8
3.1.1.	Tervezési, kiindulási adatok	8
3.1.2.	Talajfeltárás, talajrétegződés, talajfizikai jellemzők.....	8
3.1.3.	Talajvíz helyzete	9
3.1.4.	Összefoglalás, tanácsadás	10
3.1.5.	Talajfizikai jellemzők, táblázat, rétegszelvény	11
3.2.	Tervezési geometria	12
4.	Általános előírások	15
5.	Anyagminőség	16
5.1.	Betonszerkezetek	16
5.2.	Acélszerkezetek	16
5.3.	Faszerkezetek.....	16
6.	Szakirodalmi áttekintés	17
7.	Teherelemzés.....	18
7.1.	Lemezalapra áthatódó állandó terhek:	18
7.1.1.	Rétegredek:	18
7.1.2.	Víznyomás	19
7.2.	Pince feletti földemre ható állandó terhek	20
7.2.1.	Rétegredek:	20
7.3.	Földszint feletti földemre ható állandó terhek	20
7.3.1.	Rétegredek:	20
7.4.	Pincefalra ható állandó terhek.....	22
7.4.1.	Földnyomás.....	22
7.4.2.	Víznyomás	22
7.5.	Fedélszékre ható állandó terhek.....	23
7.6.	Esetleges terhek	23
7.6.1.	Földemekre, lemezalapra ható hasznos teher.....	23
7.6.2.	Lépcsők terhei.....	24

7.7.	Épületre ható meteorológiai terhek	24
7.7.1.	Hóteher	24
7.7.2.	Szélteher	24
8.	Lemezalap	25
8.1.	Geometria	25
8.2.	Terhek.....	26
8.3.	Felúszás vizsgálat.....	26
8.4.	Alaplemez vasalásának meghatározása.....	27
8.5.	Átszúródásvizsgálat.....	31
9.	Függőleges vasbeton szerkezetek	36
9.1.	Bennmaradó beton zsaluzóelemes vasbeton falak	36
9.1.1.	Geometria	36
9.1.2.	Terhek.....	36
9.1.3.	Vasalás meghatározása.....	37
9.2.	Vasbeton erősítő pillérek.....	38
9.2.1.	Geometria	38
9.2.2.	Tervezés	38
10.	Pince feletti földém	40
10.1.	Geometria	40
10.2.	Terhek.....	40
10.3.	Vasalás meghatározása.....	42
10.4.	Átszúródásvizsgálat.....	44
10.5.	Lehajlávizsgálat	47
10.6.	G1 monolit vasbeton gerenda tervezése.....	48
10.6.1.	Geometria	48
10.6.2.	Tervezés	48
10.6.3.	Teherbírási számítás.....	50
10.6.4.	Használhatósági számítás.....	56
10.7.	G1 monolit vasbeton gerenda ellenőrzése kézi számítással.....	61
10.8.	G2 monolit vasbeton gerenda tervezése.....	64
10.8.1.	Geometria	64

10.8.2. Tervezés	64
11. Földszint feletti földem.....	66
11.1. Geometria.....	66
11.2. Terhek	67
11.3. Vasalás meghatározása	68
11.4. G-4 szintváltó gerenda tervezése	71
11.5. Átszűrődésvizsgálat	73
11.6. Lehajlásvizsgálat.....	73
11.7. G3 monolit vasbeton gerenda tervezése	74
11.7.1. Geometria.....	74
11.7.2. Tervezés	74
11.8. G5 monolit vasbeton gerenda tervezése	76
11.8.1. Geometria.....	76
11.8.2. Tervezés	76
11.9. Erkélylemez hőhídmegegyenlítő elemeinek tervezése.....	77
12. Záróföldem	79
12.1. Geometria.....	79
12.2. Terhek	80
12.3. Vasalás meghatározása	80
12.4. Egyirányban teherhordó földem kézi ellenőrzése.....	81
13. Fedélszék	83
13.1. Geometria.....	83
13.2. Terhek, statikai váz	86
13.3. Fa fedélszék optimalizációja, alkalmazott keresztmetszetek.....	86
13.4. Fa fedélszék vizsgálata hosszú távú hatásokra	88
13.5. Acél keretállás tervezése.....	90
13.6. Acélkeret talpcsomópont tervezése	91
ÖSSZEFOGLALÓ.....	95
Felhasznált szoftverek.....	97
Rajzi mellékletek	97

2. Előzmények

Jelen szakdolgozatot az Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Karának megbízásából készítettem el. Választott feladatom egy alápincézett, kétlakásos társasház tartószerkezeti tervezése. A feladat célja, hogy bemutassam különböző tartószerkezeti elemek tervezését az Eurocode alkalmazásával. Elemeznem kell az épületre ható terheket és hatásokat, majd végeselemes statikai számoló program segítségével kell elvégezni a tervezést. Mértékadó helyeken bizonyos szerkezeti elemeket kézi számítással ellenőriznem kell. A beépítésre kerülő előre gyártott elemeket a gyártó adatszolgáltatása alapján kell betervezni. A teherfelvétel részben kézi, részben a program által generált. A tervezés célja, hogy az épület statikailag megfeleljen, és emellett gazdasági szempontokat figyelembe véve végezzem a méretezést.

A feladat része továbbá az épület általam méretezett szerkezeti elemeinek megépítéséhez szükséges kiviteli tervek elkészítése.

3. Általános ismertetés

3.1. Talajmechanikai adottságok

3.1.1. Tervezési, kiindulási adatok

Terv szerint az épület pince+fszt.+I. emelttel, falazott szerkezettel épül.

Az alábbi kivonat egy 2019-es talajvizsgálati jelentésből származik, és a Majorterv Bt. által került kiállításra.

„A meglévő információk és az EUROCODE 7 MSZ EN 1997-1_2006 szabványa alapján az épület a GC1 (kis) kockázatú geotechnikai kategóriába sorolható.

$\pm 0,00 = 80,28 \text{ mB.f.}$

Tervezett alapozási mód: vb. lemezalap

Magassági alappont: *A járda szintje a helyszínrajzon jelölt helyen*”

3.1.2. Talajfeltárás, talajrétegződés, talajfizikai jellemzők

“Terepmunkálatok időpontja: 2019. VI. 20.

Laborvizsgálatok időpontja: 2019. VI. 21.

A helyszínrajzon bejelölt 2 helyen végeztünk feltáró fúrást -7,0 m mélységig 65 mm átmérőjű Borró típusú gépi fúróval. Az így szerzett mintákat az MSZ EN 1997-2:2008 alapján az „A” és „B” kategóriákba sorolhatjuk. A talajok osztályozását az érvényben lévő MSZ EN ISO 14688-2:2005 és MSZ 14043-2:2006 figyelembevételével végeztük. A talaj rétegződését rétegszelvényen ábrázoltam, míg a talajfizikai jellemzőket a mellékelt táblázat tartalmazza.

A rétegszelvény a fúrások helyén vizsgált talajok figyelembevételével készült. Amennyiben az alapgyödr, alapárok kiemelése során a rétegszelvényhez képest jelentős változást észlelnek, úgy művezetést kell igénybe venni, melyet külön díjazás mellett vállalunk.”

Részletesen:

„A talaj felső 0,6-0,7 m vastag rétege sötétszürke törmelékes feltöltés. Az 1F jelű fúrásban -0,7 m-től -1,4 m-ig sárga törmelékes iszap feltöltést találtunk, amely merev állapotú, e réteg alatt -2,0 m-ig kissé szerves, sötétszürke sovány agyag feltöltést réteg van, mely merev állapotú, izzítási vesztesége $I_{0m}=4,12\%$.

A 2F jelű fúrásba -0,7 m-től -1,4 m-ig szürke homok feltöltést réteget tártunk fel, amely alatt -2,0 m-ig sötétszürke sovány agyag réteget találtunk, mely puha, közepesen tömör állapotú.

-2,0 m-től -7,0 m-ig, a fúrások talpáig szürkéssárga iszap réteg települt, mely részben gyúrható, részben merev, közepesen tömör állapotú.”

3.1.3. Talajvíz helyzete

„Fúrásainkban a megütött talajvízszint a terepszint alatt -3,0 m-en, a nyugalmi talajvízszint -1,48-1,62 m-en (78,19-78,40 mB.f.) jelentkezett 2019. VI. 20-án.

A jelenlegi talajvízszint átlagosnak tekinthető.

Vizsgálataim és a rendelkezésre álló korábbi vizsgálatok hidrológiai adatai alapján az építési talajvízszint értékét egy éven belüli építést figyelembe véve

78,80 mB.f.

míg a mértékadó talajvízszint értékét

79,00 mB.f.

adom meg.

A talajvíz vegyvizsgálatának eredményei:

Szulfít-ion tartalom SO₃; 788 mg/l

Szulfát-ion tartalom SO₄; 946 mg/l

Clorid-ion tartalom Cl; 180 mg/l

pH= 7,0

Fenti adatok alapján a talajvíz XA2 mérsékelten agresszív kémiai környezeti osztályba sorolható."

3.1.4. Összefoglalás, tanácsadás

„A vizsgált helyen a tervezett épület felépíthető, a javasolt alapozási mód: vb. Lemezalap Az alapozás síkja felvehető a szürkéssárga iszap rétegen

77,23 mB.f.,

ahol a talaj és a talajfizikai jellemzők alapján valószínűsíthető talpellenállás tájékoztató jelleggel

$\sigma_A = 190 \text{ kN/m}^2$.

A talaj törési ellenállása meghatározható az EUROCODE7 geotechnikai tervezés 1. rész általános szabályok MSZEN 1997-1 D mellékletének figyelembevételével.

A karakterisztikus, ill. parciális tényezőket az EC7 előírásának megfelelően kell figyelembe venni.

A talaj az alapgyödről zárt sorú dúcolás (fúrtcölöp) védelmében nyíltvíztartásos víztelenítéssel, melyet úszókapcsolóval ellátott szivattyúval zárt csatornába kell vezetni, a víztelenítést a pince rész megépítéséig folytatni kell, függőleges fallal kiemelhető a javasolt alapozási síkig. A kiemelésre kerülő talaj fejtés szempontjából FIII. o.-ba, tömöríthetőség szempontjából nehezen tömöríthető „N” talajosztályba sorolható.

Talajvíz agresszivitás ellen védekezni kell, a MSZ4798-1:2002 előírása szerinti primer korrózióvédelem szükséges.

Talajba kerülő vasbeton szerkezeteknél a vastakarás min. 45 mm legyen.

Legkisebb cementadagolás 320 kg/m³.

Felhasználható cementfajták:

CEM III/A 32,5

CEM I 32,5 S

CEM II/A-V 32,5 MS

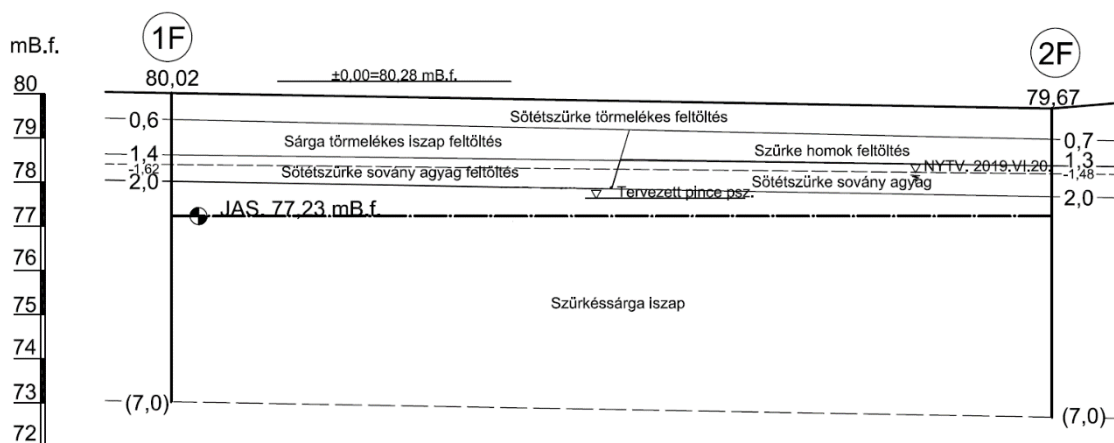
CEM II/A-S 32,5

CEM II/A-P 32,5

Fenti cementfajtákból a legolcsóbbat javasoljuk. CEM I 32,5 S jelű cement nem
Szükséges.”

3.1.5. Talajfizikai jellemzők, táblázat, rétegszelvény

	Sárga törmelékes iszap feltöltés	Sötétszürke sovány agyag feltöltés	Sötétszürke sovány agyag	Szürkessárga a iszap
Természetes víztartalom W %	18,19	26,86	32,47	23,78-25,74
Folyási határ W_L %	31,00	42,00	40,00	33,78-35,00
Sodrasi határ W_p %	18,09	25,39	24,97	20,73-21,91
Plasztikus index I_p %	12,91	16,61	15,03	11,87-14,27
Konzisztencia index I_c	0,99	0,91	0,50	0,68-0,79
Térfogatsűrűség ρ_n kN/m ³	16,50	16,50	17,00	19,00
Surlódási szög φ°			12	19
Kohézió C kN/m ²			50	70
Összenyomódási modulus E_s MN/m ²			7,5	7,5
Izzítási veszteség I_m %		4,12		



1. ábra. Rétegszelvény, Forrás: Talajvizsgálati jelentés

3.2. Tervezési geometria

A kapott építészeti tervek Korcsák Jeliszej okleveles építészmérnök munkája, melyeket konzulensemmel, Szabó Balázs tanár úrral módosítottunk, hogy a feladatnak jobban megfeleljen.

Az épület egy új építésű, teljes alapterületén alápincézett földszint plusz 1 emelettel rendelkező szabadon álló társasház pinceszinti garázzsal. Nettó alapterülete 435 m². Tartószerkezeti kialakítás szempontjából lemezalappal alátámasztott, vasbeton pincefalakkal, vázkerámia földszinti és emeleti falakkal, monolit vasbeton födémmel épül. Zárófödém csak részlegesen található az épületben, emiatt, valamint belső keresztfőfalak hiányában a vízszintes terhek felvétele céljából, valamint a fedélszék alátámasztására acél keretek kerülnek elhelyezésre.



2. ábra. Látványterv, Forrás: Építész dokumentáció

A lemezalap monolit vasbeton kialakítású, az épület teljes alapterülete alatt készül. Vastagsága 40cm, vasalása a mellékelt alapozási tervek szerint kerül kialakításra. A lemezalap 15cm tömörített zúzottkő ágyazó rétegen, valamint 5cm szerelőbetonon fekszik fel. A lemezalapot általánosan a pincefal külső síkjától számítva 50cm-rel nagyobb alapterületen kell elkészíteni.

A pincefalak általánosan Leier ZS 25-ös bennmaradó zsaluzóelemes monolit vasbeton szerkezetűek. Mivel talajvíznyomás ellen kell szigetelni, ezért Leier ZS 10-es zsaluzóelemes vasbeton szigetelés tartó fal is kialakításra kerül. A két fal réteg között víz és hőszigetelés kerül kialakításra az építészeti tervek szerint.

A pince, valamint földszint feletti födémek egyaránt 20cm vastagságú, monolit vasbeton lemez kialakítású. Kétirányban teherhordó módon kerültek tervezésre, melyeknek vasalása egyedi kialakítással mellékelt tervlapon található. Nagyobb nyílászárók, valamint a lépcsőház födémkivágása okán több helyen alsó bordaként működő vasbeton gerenda épül.

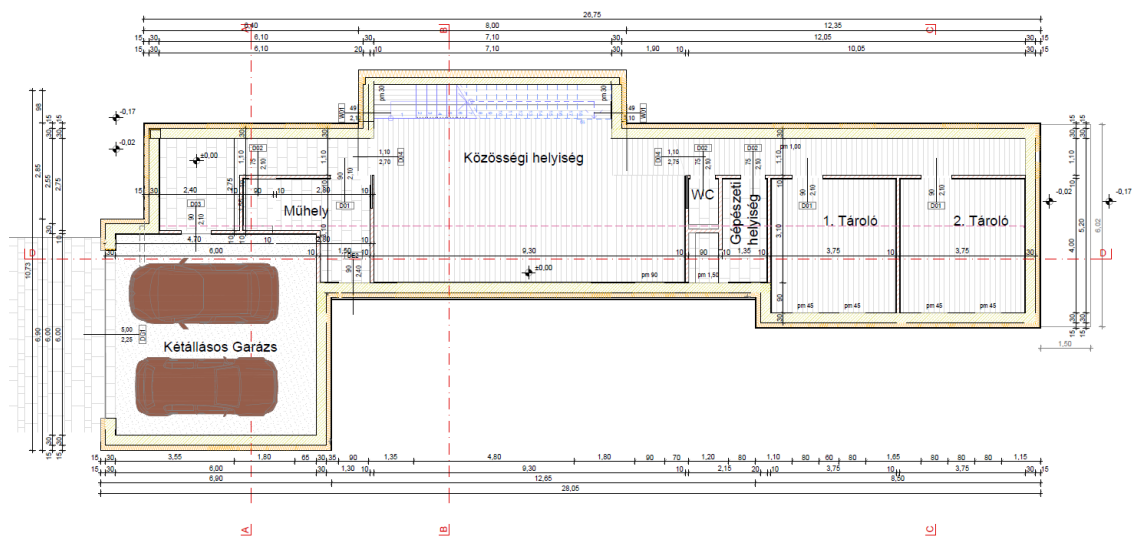
Az üzlethelyiség felett zöldtetős terasz található, ezért az emeleti födém ezen a szakaszon szintkülönbségben van. A szintugrást a két födémszakaszt összekötő rejtett monolit vasbeton gerendával kell megerősíteni.

Az épület hátsó homlokzata felől két irányban konzolos monolit vasbeton erkélylemez található. A lemez hőhidmentes kialakítása érdekében Schöck Isokorb hőhidmegszakító elemek kerülnek beépítésre.

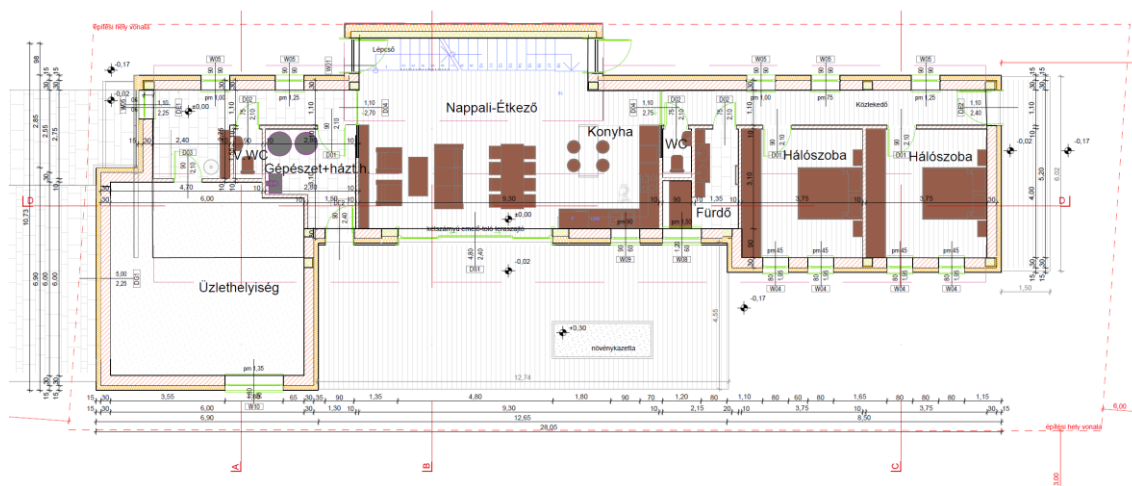
A földszinti és emeleti főfalak Porotherm 30 X-therm Rapid falazóblokkból, Dryfix ragasztóhabarccsal készülnek. A főfalakon kívülről 14cm EPS hőszigetelés kerül elhelyezésre dryvit vakolattal. A nyílásáthidalások általános helyeken előre gyártott elemmagas áthidalókkal készülnek. Minden egyedi monolit nyílásáthidalás a födémek kiviteli tervein szerepel.

A lépcsőház külső fala az épület teljes magaságában Leier ZS 25-ös bennmaradó zsaluzóelemes monolit vasbeton szerkezetű. Ez a fal veszi fel a konzolos kialakítású lépcsők terheit. A lépcsőház vonalában zárófödém található, amely egy irányban teherhordó monolit vasbeton kialakítású.

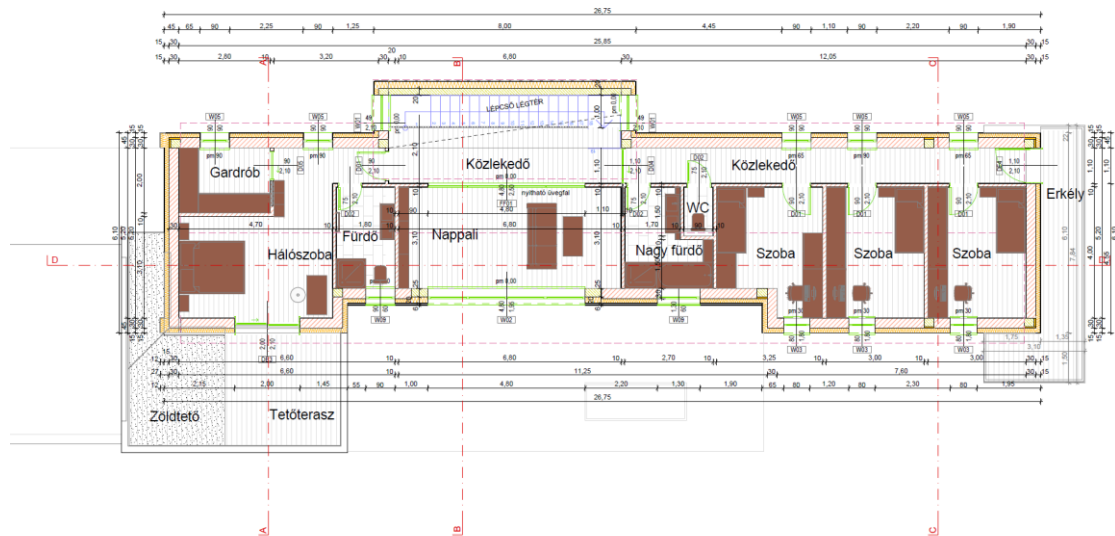
Az épület tetőszerkezete magastetős kialakítású, ácsolt fa nyeregtetővel. Két végén oromfallyal rendelkezik. A lépcsőház feletti tetőszakaszon egy kisebb dőlésszögű kiegészítő tető csatlakozik hozzá. A zárófödém feletti szakaszon üres fedélszékként került kialakításra talpszelemennel és fióktartókkal megtámasztott csüngő ereszvonallal kialakítása mellett. Az épület többi részén a fedélszék acélkeretekre terhelő középszelemenes kialakítású, és az épület fűtött területeinek határáként funkcionál. A hőszigetelési követelmények kielégítése céljából a szarufák közé 15cm ásványgyapot hőszigetelés kerül, valamint a belső síkon további 10cm. A fedélszék rétegrendje átlagos, a nagyobb hajlásszögű részekben kerámia tetőcserép burkolatú, míg az alacsony hajlásszögű szakaszon fémlemez fedésű. A tető hajlásszöge általános helyen 35°, míg a lépcsőház fölött 10°, a gerinc felső síkja +7,72 m.



3. ábra. Pince alaprajz, forrás: Módosított építészeti terv



4. ábra. Földszinti alaprajz, forrás: Módosított építészeti terv



5. ábra. Emeleti alaprajz, forrás: Módosított építészeti terv

4. Általános előírások

A vasbeton szerkezetek megfelelő utókezeléséről gondoskodni kell, ezért szükséges használni valamilyen párazáró anyagot vízpermetezéssel, a gyártó előírásainak betartása mellett. A nedvesen tartást legalább 2-3 hétig kell biztosítani.

Az előregyártott elemeket földmentámaszokkal kell megtámasztani az építés során. A zsaluzat csak a beton megszilárdulása után bontható el. Födémek, gerendák zsaluzatának bontásakor ideiglenesen hagyjuk meg a földmentámaszokat, ezzel is elősegítve a teherviselést, megelőzve a korai káros lehajlást.

A kivitelezés során az országos és helyi, valamint a vonatkozó szakhatósági munka- és tűzvédelmi előírásokat szigorúan be kell tartani.

A betervezett anyagok környezetre káros, szennyező anyagokat nem tartalmazhatnak.

Az „építési és bontási hulladékkezelésének szabályairól” szóló hatályban lévő rendelet előírásait be kell tartani.

Földmunkák készítésénél az „Építőipari földmunkák” című szabvány előírásait, valamint az „Építőipari földmunkák, dúcolások és alapozások biztonságtechnikai követelményei”-ről szóló szabványt szigorúan be kell tartani.

Munkavégzéshez - különös tekintettel az előforduló tűz-, és robbanásveszélyes szabadterre - az üzemeltető engedélyét meg kell kérni.

Munkavégzés a hatályos biztonságtechnikai előírások figyelembevételével történhet.

5. Anyagminőség

5.1. Betonszerkezetek

A vasalt betonszerkezetek minősége:	C25/30-16-F2-XC1
Alapozás és pincefalak betonminősége:	C30/37-16-F2-XA2
Betonacél minősége:	B500B
Alkalmazott vasalások:	kiviteli tervenként külön feltüntetve
- C: a megszilárdult beton testsűrűsége 2000- 2600 kg/m³, normál beton - 25; 30: A legkisebb jellemző hengerszilárdság [N/mm²] - 30; 37: A legkisebb jellemző kockaszilárdság [N/mm²] - 16: az adalékanyag legnagyobb megengedett szemmagysága (mm) - F2: konzisztencia osztály - XC1; XA2: Környezeti feltételek osztálya	

5.2. Acélszerkezetek

Felhasználási osztály:	S	Szerkezeti acél
Mechanikai tulajdonság:	235	[N/mm ²] legkisebb folyáshatár
Egyéb mechanikai tulajdonságok:	JR	minimum 27J (Ütőmunka értéke)

5.3. Faszerkezetek

Fűrészáru (szarufák, fogópárok):	C24
Fűrészáru (szelemenek):	C30
- C: Puhafa - 24; 30: Szilárdsági osztály, hajlítási határérték alapján (N/mm²)	

6. Szakirodalmi áttekintés

Szabványok

EN 1991 Eurocode 1 A tartószerkezeteket érő hatások

EN 1991-1-1 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei.

EN 1991-1-3 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. Hóteher

EN 1991-1-4 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. Szélhatás

EN 1992-1-1 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. Hóteher

EN 1992 Eurocode 2 Betonszerkezetek tervezése

EN 1992-1-1 Általános előírások és az épületekre vonatkozó szabályok

EN 1993 Eurocode 3 Acélszerkezetek tervezése

EN 1993-1-1 Általános előírások és az épületekre vonatkozó szabályok.

EN 1993-1-8 Kapcsolatok tervezése

EN 1995 Eurocode 5 Faszervezetek tervezése

EN 1995-1-1 Általános előírások és az épületekre vonatkozó szabályok.

Szakirodalom

[1] DR. KOLLÁR LÁSZLÓ, DR. VISNOVITZ GYÖRGY, ERDÉLYI TAMÁS [2022.]

A tartószerkezeti tervezés alapjai - Terhek és hatások, Artifex Kiadó Kft.

[2] DEÁK GYÖRGY, DRASKÓCZY ANDRÁS, DULÁCSKA ENDRE, KOLLÁR

LÁSZLÓ, VISNOVITZ GYÖRGY [2018.] Vasbeton szerkezetek – Tervezés az

Eurocode alapján, Artifex Kiadó Kft.

[3] ÁDÁNYI SÁNDOR, DULÁCSKA ENDRE, DUNAI LÁSZLÓ, FERNEZELYI

SÁNDOR, HORVÁTH LÁSZLÓ, KÖVESDI BALÁZS [2016] Acélszerkezetek –

Tervezése az Eurocode alapján 1. Általános Eljárások – 2. Speciális eljárások, Artifex Kiadó Kft.

[4] ARMUTH MIKLÓS, BODNÁR MIKLÓS [2018.] Fa tartószerkezetek - Tervezés az

Eurocode alapján

[5] Freund Péter – Segédletek – A mechanika és tartószerkezetek c. tárgyhoz

7. Teherelemzés

7.1. Lemezalapra átadódó állandó terhek:

7.1.1. Rétegredek:

Pincepadló	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m ³)	felületsúly (kN/m ²)
padlóburkolat és alátét réteg	0,02	22	0,44
aljzatbeton	0,07	24	1,68
elválasztó fólia	1rtg		0,01
EPS terhelhető hőszigetelés	0,1	0,15	0,015
talajvíz elleni szigetelés	1rtg		0,01
vasalt lemezalap	0,4	25	10
		Rétegrend súlya	12,16
		Tartószerkezeti önsúly nélkül	2,16
Garázs padló	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m ³)	felületsúly (kN/m ²)
padlóburkolat és alátét réteg	0,02	22	0,44
aljzatbeton	0,1	24	2,4
elválasztó fólia	1rtg		0,01
EPS terhelhető hőszigetelés	0,1	0,15	0,015
talajvíz elleni szigetelés	1rtg		0,05
vasalt lemezalap	0,4	25	10
		Rétegrend súlya	12,915
		Tartószerkezeti önsúly nélkül	2,915

Mivel nincsenek közbenső födémekre terhelő főfalak, ezért ebben a pontban gyűjtöm ki a falak terheit is.

Válaszfal	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m ³)	felületsúly (kN/m ²)
Beltéri vékonyvakolat és festés	0,005	22	0,11
Kerámia falazóblokk falazat	0,1	8,2	0,82
Beltéri vékonyvakolat és festés	0,005	22	0,11
		Rétegrend súlya	1,04
		Emeletmagasság	2,9
		Vonalmenti súly (kN/fm)	3,016
Vasbeton pincefal	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m ³)	felületsúly (kN/m ²)
Beltéri vékonyvakolat és festés	0,01	22	0,22
Kerámia falazóblokk falazat	0,19	25	4,75
XPS homlokzati hőszigetelés	0,15	0,6	0,09
Zsalukő szigeteléstartó fal	0,15	25	3,75

	Rétegrend súlya		8,81
	Tartószerkezeti önsúly nélkül		4,06
	Emeletmagasság		2,9
	Vonalmenti súly (kN/fm)		25,55
	Tartószerkezeti önsúly nélkül		11,77
Vakolt homlokzati kerámia téglafal	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m ³)	felületsúly (kN/m ²)
Beltéri vékonyvakolat és festés	0,01	22	0,22
Kerámia falazóblokk falazat	0,3	7,4	2,22
EPS homlokzati hőszigetelés	0,14	0,15	0,021
Kültéri dryvit rendszerű vakolat	0,01	7	0,07
	Rétegrend súlya		2,53
	Tartószerkezeti önsúly nélkül		0,31
	Emeletmagasság		2,9
	Vonalmenti súly (kN/fm)		7,34
	Tartószerkezeti önsúly nélkül		0,90
Vakolt homlokzati vasbeton fal	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m ³)	felületsúly (kN/m ²)
Beltéri vékonyvakolat és festés	0,01	22	0,22
Bennmaradó zsaluzat	0,06	25	1,5
Zsalukő falazat monolit vasbeton mag	0,19	25	4,75
EPS homlokzati hőszigetelés	0,22	0,15	0,033
Kültéri dryvit rendszerű vakolat	0,01	7	0,07
	Rétegrend súlya		6,57
	Tartószerkezeti önsúly nélkül		1,82
	Emeletmagasság		2,9
	Vonalmenti súly (kN/fm)		19,06
	Tartószerkezeti önsúly nélkül		5,29
Kültéri fa burkolatú homlokzati kerámia téglafal	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m ³)	felületsúly (kN/m ²)
Beltéri vékonyvakolat és festés	0,01	22	0,22
Kerámia falazóblokk falazat	0,3	7,4	2,22
EPS homlokzati hőszigetelés	0,14	0,15	0,021
átszellőzés lécváz	0,04		
kültéri faburkolat	0,02	8	0,16
	Rétegrend súlya		2,62
	Tartószerkezeti önsúly nélkül		0,40
	Emeletmagasság		2,9
	Vonalmenti súly (kN/fm)		7,60
	Tartószerkezeti önsúly nélkül		1,16

7.1.2. Víznyomás

Mértékadó talajvíz szint: 79.00 mBf

Talajvíznyomás 79.00 mBf felett: 0kN/m²

Alapozási sík: 76,70 mBf

Talajvíznyomás maximális értéke: 23,00 kN/m²

7.2. Pince feletti födémre ható állandó terhek

7.2.1. Rétegredek:

Födém rétegrend	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m ³)	felületsúly (kN/m ²)
padlóburkolat és alátét réteg	0,02	22	0,44
aljzatbeton	0,07	24	1,68
elválasztó fólia	1rtg		0,01
EPS lépésálló gépészeti és úsztatóréteg	0,06	0,15	0,009
Monolit vasbeton födém	0,2	25	5
Glettelés és festés	-	-	-
		Rétegrend súlya	7,14
		Tartószerkezeti önsúly nélkül	2,14

Válaszfal	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m ³)	felületsúly (kN/m ²)
Beltéri vékonyvakolat és festés	0,005	22	0,11
Kerámia falazóblokk falazat	0,1	8,2	0,82
Beltéri vékonyvakolat és festés	0,005	22	0,11
		Rétegrend súlya	1,04
		Emeletmagasság	2,9
		Vonalmenti súly (kN/fm)	3,016

7.3. Földszint feletti födémre ható állandó terhek

7.3.1. Rétegredek:

Födém rétegrend	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m ³)	felületsúly (kN/m ²)
padlóburkolat és alátét réteg	0,02	22	0,44
aljzatbeton	0,07	24	1,68
elválasztó fólia	1rtg		0,01
EPS lépésálló gépészeti és úsztatóréteg	0,06	0,15	0,009
Monolit vasbeton födém	0,2	25	5
		Rétegrend súlya	7,14
		Tartószerkezeti önsúly nélkül	2,14

Üzlethelyiség feletti terasz	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m³)	felületsúly (kN/m²)
Kültéri fa teraszburkolat	0,04	8	0,32
elválasztó fólia	1rtg		0,01
XPS hőszigetelés	0,2	0,6	0,12
Bitumenes vízszigetelés és kellősítés	1rtg		0,05
Lejt beton	0,07	23	1,61
Monolit vasbeton födém	0,2	25	5
		Rétegrend súlya	7,11
		Tartószerkezeti önsúly nélkül	2,11
Üzlethelyiség feletti zöldtető	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m³)	felületsúly (kN/m²)
Termőtalaj	0,2	10	2
Szivárgó réteg	0,1	15	1,5
elválasztó fólia	1rtg		0,01
XPS hőszigetelés	0,2	0,6	0,12
Bitumenes vízszigetelés és kellősítés	1rtg		0,05
Lejt beton	0,07	23	1,61
Monolit vasbeton födém	0,2	25	5
		Rétegrend súlya	10,29
		Tartószerkezeti önsúly nélkül	5,29

Erkélylemez	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m³)	felületsúly (kN/m²)
Kültéri fa teraszburkolat	0,04	8	0,32
elválasztó fólia	1rtg		0,01
Bitumenes vízszigetelés és kellősítés	1rtg		0,05
Lejt beton	0,04	23	0,92
Monolit vasbeton födém	0,18	25	4,50
Kültéri fa mennyezetburkolat	0,04	8	0,32
		Rétegrend súlya	6,12
		Tartószerkezeti önsúly nélkül	1,62

Válaszfal	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m³)	felületsúly (kN/m²)
Beltéri vékonyvakolat és festés	0,005	22	0,11
Kerámia falazóblokk falazat	0,1	8,2	0,82
Beltéri vékonyvakolat és festés	0,005	22	0,11
		Rétegrend súlya	1,04
		Emeletmagasság	2,9
		Vonalmenti súly (kN/fm)	3,016

7.4. Pincefalra ható állandó terhek**7.4.1. Földnyomás**

1. sötétszürke törmelékes feltöltés				
Teteje:	0	m	80,28	mBf
Alja:	0,7	m	79,58	mBf
Vastagság:	0,7	m		
Gamma:	16,5	kN/m ³	11,55	kN/m ²
Fi:	0	fok		
1-sin fi:	1,000		11,55	kN/m ²

2. sárga törmelékes iszap feltöltés				
Teteje:	0,7	m	79,58	mBf
Alja:	1,4	m	78,88	mBf
Vastagság:	0,7	m		
Gamma:	17,5	kN/m ³	23,8	kN/m ²
Fi:	0	fok		
1-sin fi:	1,000		23,80	kN/m ²

3. Sötétszürke sovány agyag				
Teteje:	1,4	m	78,88	mBf
Alja:	2	m	78,28	mBf
Vastagság:	0,6	m		
Gamma:	10	kN/m ³	29,8	kN/m ²
Fi:	12	fok		
1-sin fi:	0,792		23,60	kN/m ²

4.1. Szürkésárnya iszap				
Teteje:	2	m	78,28	mBf
Alja:	3,58	m	76,7	mBf
Vastagság:	1,58	m		
Gamma:	11,5	kN/m ³	47,97	kN/m ²
Fi:	19	fok		
1-sin fi:	0,674		32,35	kN/m ²

7.4.2. Víznyomás

Mértékadó talajvíz szint: 79.50 mBf

Talajvíznyomás 79.50 mBf felett: 0kN/m²

Alapozási sík: 77,23 mBf

Talajvíznyomás maximális értéke: 22,70 kN/m²

7.5. Fedélszékre ható állandó terhek

Rétegrendek:

Cserépfedésű magastető	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m ³)	felületsúly (kN/m ²)
Agyagcserép héjazat	1rtg		0,9
Cseréplécezés	1rtg		0,03
Ellenlécezés	1rtg		0,02
Tetőfólia	1rtg		0,01
Szaruzat	0,15		0,22
Lécezés	0,1		0,11
Szálas hőszigetelés	0,25	0,14	0,035
Gipszkarton burkolat	1rtg		0,24
		Rétegrend súlya	1,57
		Tartószerkezeti önsúly nélkül	1,35
Fémlemez fedésű kis hajlásszögű tető	vastagság (m) (rtg)	térfogatsúly (kN/m ³)	felületsúly (kN/m ²)
Korcolt fémlemez fedés	0,02		0,05
Teljes felületű deszkaborítás	0,02	5	0,1
Ellenlécezés	1		0,02
Tetőfólia	1		0,01
Szaruzat	0,15		0,22
		Rétegrend súlya	0,4
		Tartószerkezeti önsúly nélkül	0,18

7.6. Esetleges terhek

7.6.1. Födémekre, lemezalapra ható hasznos teher

Az épület besorolása szerinti használati osztálya: A

Háztartási és tartózkodási célra szolgáló terület: $q_k = 2,00 \text{ kN/m}^2$

Lépcsők, erkélyek: $q_k = 3,00 \text{ kN/m}^2$

A garázs rész használati osztálya: F

Könnyű gépjárművel járható födém: $q_k = 2,50 \text{ kN/m}^2$

7.6.2. Lépcsők terhei

Az építészeti tervek szerint a lépcsők terhei a lépcsőház vasbeton falaira adódik át, acél szerkezetű konzolos lépcsőfokokkal. Ennek a tehernek a modellezése céljából a lépcsőház falára ható vonalmenti teher és nyomaték kombinációt alkalmaztam.

1 m széles lépcsőkart feltételezve 1kN/m önsúlyt becsülve, 3,00kN/m² hasznos megoszló terhet alkalmazva a lépcsőkar falra átadódó terhei a következők:

Lépcsőkar önsúlyából származó állandó teher:

$$F_a = 1,5 \text{ kN/m}$$

$$M_a = 0,5 \text{ kNm/m}$$

Lépcsőkar hasznos terheiből származó hatások:

$$F_h = 3,00 \text{ kN/m}$$

$$M_h = 1,00 \text{ kNm/m}$$

7.7. Épületre ható meteorológiai terhek

7.7.1. Hóteher

Balti feletti magasság:	+80,28 mBf	
Adria feletti magasság (mBf+0,67):	+80,95 mAf	
Hóteher értéke 400mAf-ig:	125 kg/m²	1,25 kN/m²
C _e =	1	
C _t =	1	
μ _i =	0,8	
S _k =	100 kg/m²	1,00 kN/m²
Rendkívüli hóteher:		
S _{Ad} =S _k *C _{esl}	200 kg/m²	2,00 kN/m²

7.7.2. Szélteher

A szélteher pontos számítása AxisVM program segítségével történik.

Beépítettség osztály:	III.
z=	7,72 m
q _p (z)=	0,537 kN/m²

8. Lemezalap

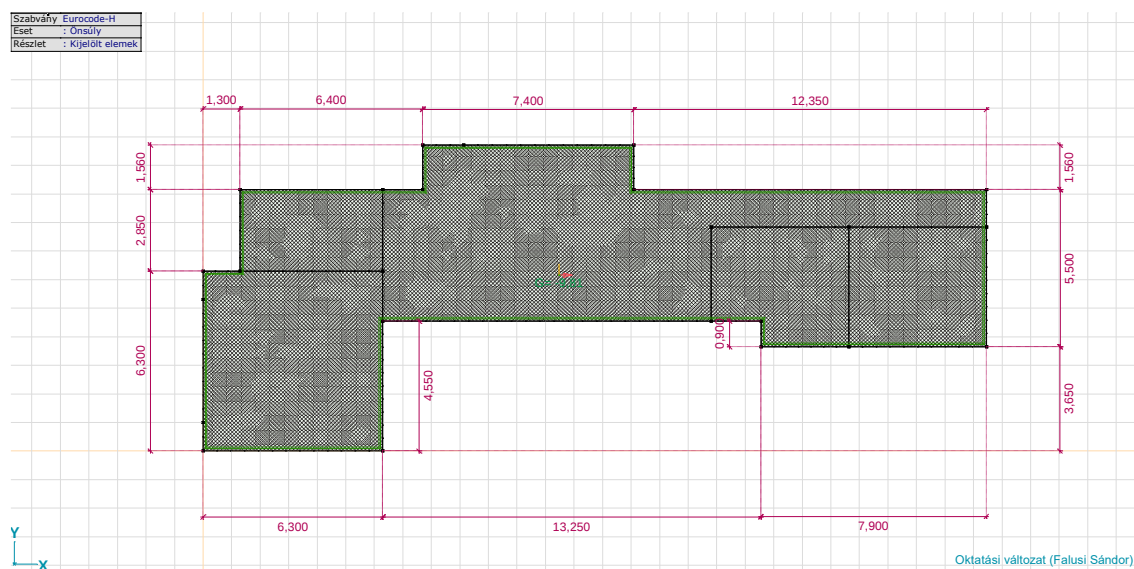
8.1. Geometria

Az épület alápincézése, valamint a magas mértékadó talajvízszint és gyenge teherbírású öntéstalaj miatt a talajvizsgálati jelentés javaslatával összhangban monolit vasbeton lemezalapot választottam, mint alapozási mód.

A statikai váz eltér a valós lemezalap területétől, ugyanis a tervező szoftverben a biztonság növelése miatt a lemez szélét a pincefalak tengelyében határoztam meg. A valóságban a lemezalap széle a pincefalak külső szélétől 50cm-re van, hogy megfelelő helyet biztosítsunk a pincefalak, víz- és hőszigetelés, valamint szigeteléstartó falak kivitelezéséhez.

A lemez vastagságát mérnöki gyakorlat szerint $10\text{cm} + \text{szintek száma} \cdot 10\text{cm}$ számítással 40cm-re becsültem. Ezt később a tervezés igazolta, a szerkezet vasalása megoldható volt, így ez lett a végső lemezvastagság.

Az anyagminőséget a talajvizsgálati jelentés XA2 környezeti besorolása határozta meg, így C30/37 szilárdsági osztályú betont írtam elő mind a lemezalapnak, mind a pincefalaknak.



6. ábra. Lemezalap geometria. Forrás: AxisVM

8.2. Terhek

A szerkezet önsúlyát AxisVM szoftver segítségével kalkuláltam.

A teherfelvétel során figyelembe vettem a rétegrendi terheket, melyet függőleges szerkezetek esetén vonal menti teherként helyeztem be szerkezeti tengelyvonalba.

A felsőbb szintekről átadódó terheket állandó teherként 1-es biztonsági tényezővel helyeztem el a vasbeton falakra terhelve, falszakaszonként a felsőbb szintek vonalmenti támaszainak átlagos reakcióerőit figyelembe véve.

Hasznos terheket zónánként határoztam meg. A pinceszint nagyobb részében általánosságban a lakóépületekre vonatkozó $2,00 \text{ kN/m}^2$ terhet határoztam meg, míg a garázs területére $2,50 \text{ kN/m}^2$ -t.

A talajvíznyomást a talajvizsgálati jelentés alapján határoztam meg, és erre a teherre külön vizsgálatot is végeztem kritikus állapotra, valamint felúszásra, amit lentebb részletezek.

8.3. Felúszás vizsgálat

Az épület alapozását a magas mértékadó talajvízszint miatt vizsgálni kellett felúszás ellen. Ezt becslő számítással végeztem el az alábbiak alapján.

Elsőként meghatároztam azt az építési fázist, amikor először be lehet temetni a munkagödört, és meg lehet szüntetni a víztelenítést.

Mivel a pincefalak akkor lesznek állékonyak, amikor a pince feletti földem tárcsája támaszt biztosít nekik, ezért legalább a pince feletti földem szilárdulásáig a munkagödört tilos betemetni, valamint a terület víztelenítését meg kell oldani.

Kézi számítás alapján ezen a ponton a megépült szerkezetek önsúlya elegendő a talajvíz felhajtó erejének ellensúlyozására. A kalkulációban a szerkezeti önsúlyokat az AxisVM szoftver segítségével számoltam, és 0,9-szeres szorzóval csökkentettem a biztonság javára.

	m ²	kN/m ²	kN	kg
Víznyomás	170	23	3910	398820
Szerkezeti tömegek	kg	csökkentett		
Lemezalap	169884	152895,6		
Falak (mag)	108000	97200		
Zsaluelem	34105	30694,5		
Szigeteléstáró fal	56842,1053	51157,8947		
Födém	81200	73080		405028

Ezen felül elvégeztem még egy egyedi terhelési vizsgálatot, amiben azt vizsgáltam, hogy az lemez önmagában, csak a talajvíznyomásnak kitéve, rétegrend és hasznos terhek nélkül megfelel-e, és ezt a terhelési esetet figyelembe vettem a lemez vasalásának kialakításakor is.

8.4. Alaplemez vasalásának meghatározása

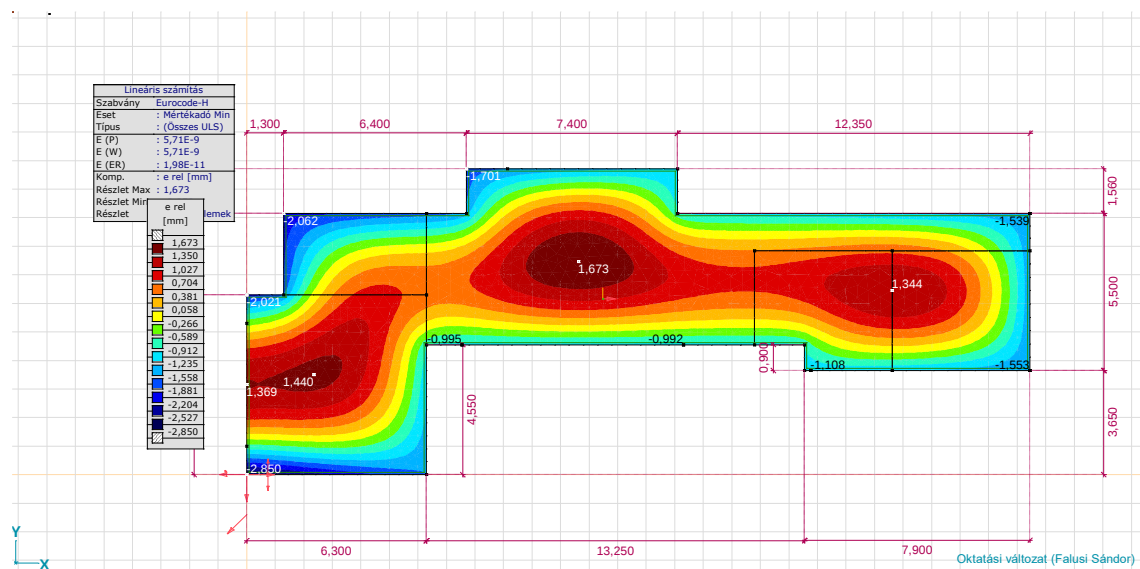
Az alaplemez vasalási igényét a tervező szoftver segítségével határoztam meg.

Első lépésként a lemez vasalhatóságát kellett megállapítani.

Minimális szükséges keresztmetszet: $A_{s,min} = 495 \text{ mm}^2/\text{m}$, melyet a választott alapháló ($A_s = 565 \text{ mm}^2/\text{m}$) kielégít.

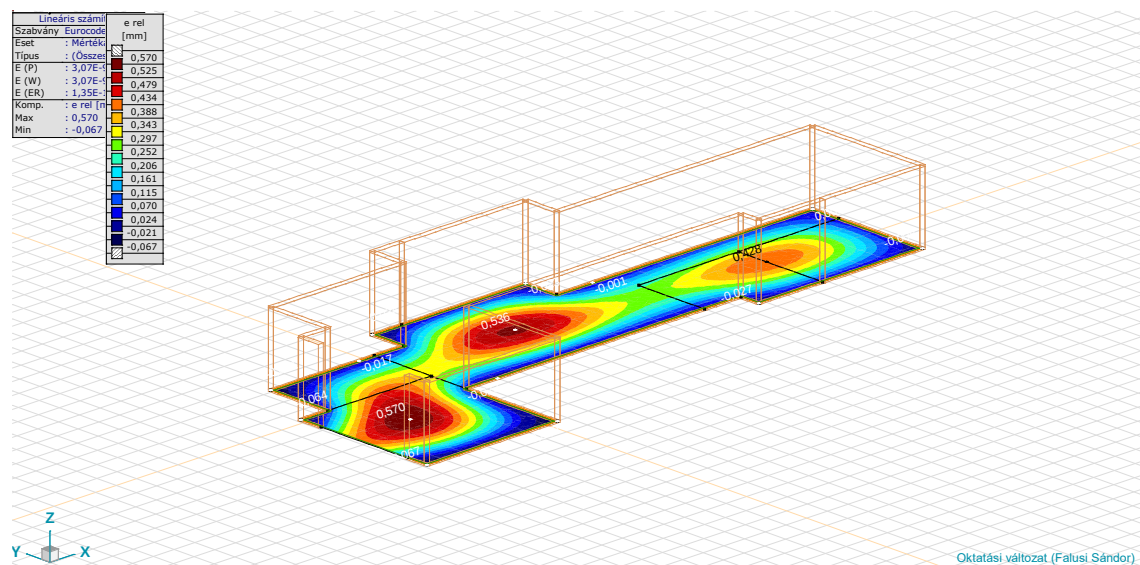
Maximális lehetséges keresztmetszet: $A_{s,max} = 16\,000 \text{ mm}^2/\text{m}$, mely többszörösen meghaladja a kalkulált betonacél keresztmetszet igényt.

Ezek alapján megállapítottam, hogy a lemez vasalásának tervezése megoldható.



7. ábra. Lemezalap relatív elmozdulásai ULS teherkombináció esetén

Forrás: AxisVM

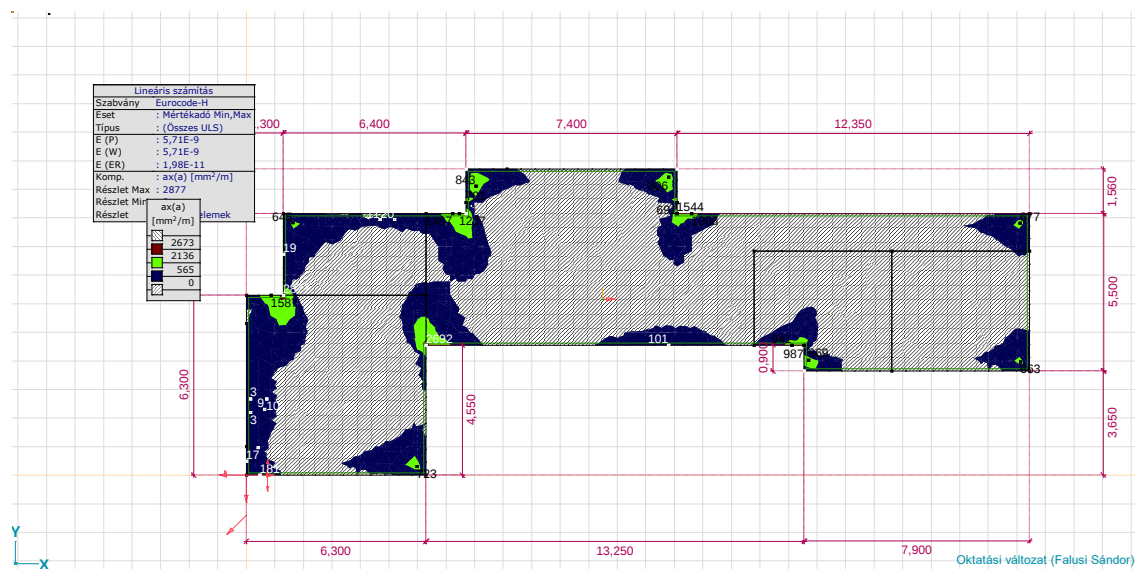
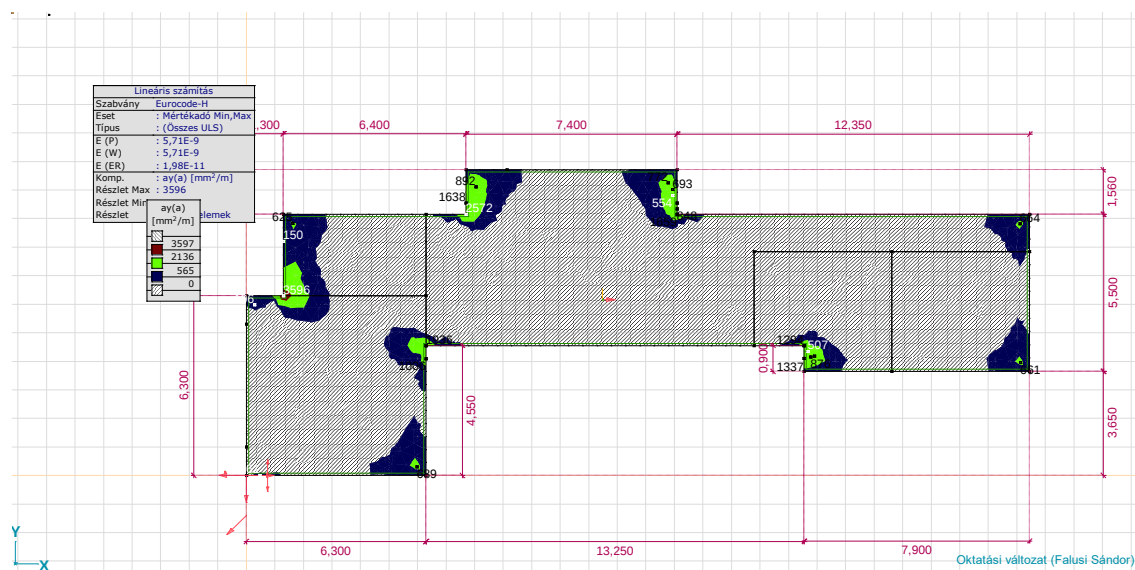


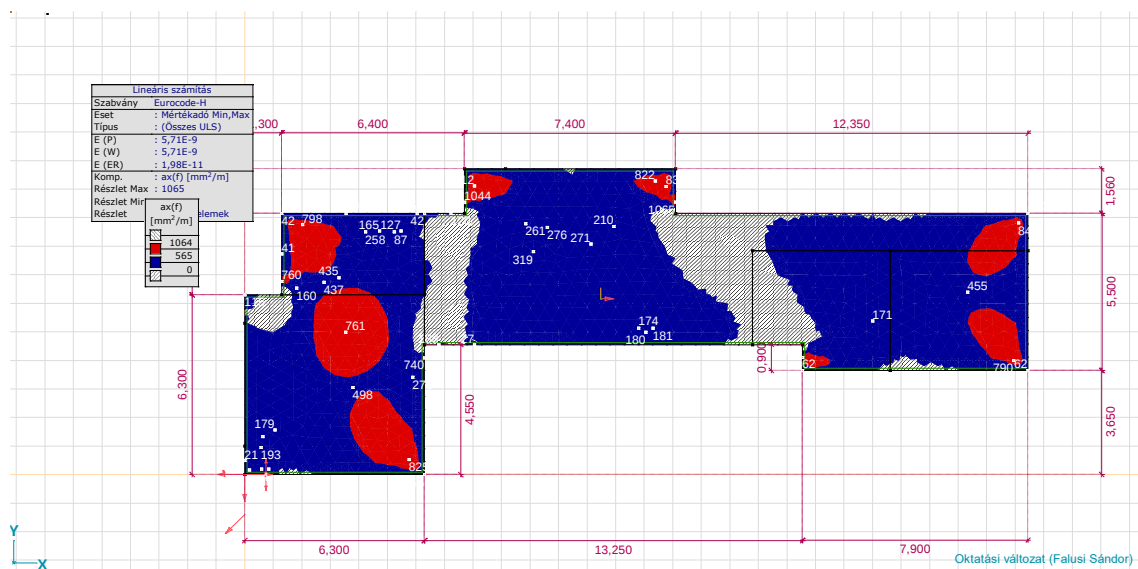
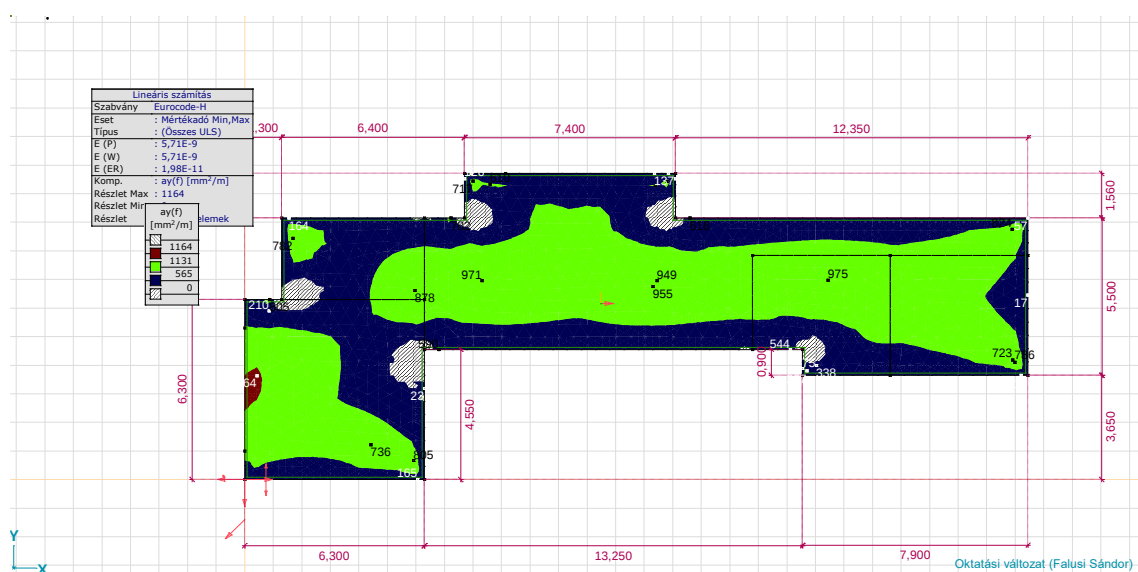
8. ábra. Lemezalap relatív elmozdulásai egyedi, talajvízzel terhelt esetben

Forrás: AxisVM

A tervezőszoftver vasbeton tervezési modulja segítségével kimutatást kértem a lemezalap vasalási igényét.

Az alaphálót alul és felül is $\emptyset 12/20/20$ helyszínen szerelt B500B betonacél hálónak határoztam meg, amit a szoftver által jelölt helyeken kiegészítő vasalással sűrítettem. A pontos vaskiosztást kiviteli terven részleteztem.

9. ábra. Lemezalap vasigénye $ax(a)$, Forrás: AxisVM10. ábra. Lemezalap vasigénye $ay(a)$, Forrás: AxisVM

11. ábra. Lemezalap vasigénye $ax(f)$, Forrás: AxisVM12. ábra. Lemezalap vasigénye $ay(f)$, Forrás: AxisVM

Alsó és felső vasalás esetében is az Y tengelyirányt határoztam meg főiránynak, mivel általánosságban az a rövidebb fesztáv az épület teherhordó falai között.

A lemezalap nagyrészen elegendő volt az alapháló ($565 \text{ mm}^2/\text{m}$), valamint annak egyszeres sűrítése ($1131 \text{ mm}^2/\text{m}$), azonban az alsó vasalás esetében a falsarkoknál, felső vasalás esetében a garázsbejáratnál további kiegészítő vasalásra volt szükség.

Az alsó negatív falsarkok esetében a legnagyobb betonacél szükséglet $3597 \text{ mm}^2/\text{m}$, ahol $\varnothing 20$ kiegészítő vasalással a valós vasalás keresztmetszete $3707 \text{ mm}^2/\text{m}$ lett.

A betonacél mennyiségének költséghatékony tervezése okán zónánként egyedileg határoztam meg a szükséges pótvasak mennyiségét és kiosztását, amit a kiviteli terveken részletesen feltűntettem.

8.5. Átszúródásvizsgálat

A negatív falsarkok esetében a lemezalapot vizsgáltam átszúródásra. igénybevétel szerinti mértékadó helyen futtattam le a számítást, melyet AxisVM szoftver segítségével végeztem. Az eredmény szerint átszúródási vasalásra kialakítottam egy részletrajzot, és a terveken megjelöltem azt az öt falsarkot, ahol ezt alkalmazni kell.

A szerkezet biztonságát növeli az, hogy a vizsgálat nem veszi figyelembe a lemezalap jelentős túlnyúlását.

Az alábbi számítást az AxisVM szofverből kivonatoltam.

Lemez átszúródásvizsgálata

Szabvány: Eurocode 2 MSZ EN 1992-1-1

37. cspt.

Kivonat

$$\frac{V_{Ed,u0}}{V_{Rd,max}} = \frac{2961}{4224} = 0,7011 \leq 1 \quad \checkmark$$

$$\frac{V_{Ed,u1}}{V_{Rd,c}} = \frac{855}{688} = 1,2432 > 1 \quad \text{!!} \quad \text{Szükség van nyírási (átszúródási) vasalásra.}$$

$$\frac{V_{Ed,u1}}{V_{Rd,cs}} = \frac{855}{855} = 0,99998 \leq 1 \quad \checkmark$$

Modellparaméterek

Anyagok

Beton: **C30/37** ($f_{ck} = 30$ MPa)

Betonacél: Hosszvasalás: **B500A** ($f_{yk} = 500$ MPa)

Átszúródási vasalás: **B500A** ($f_{ywk} = 500$ MPa)

Geometria

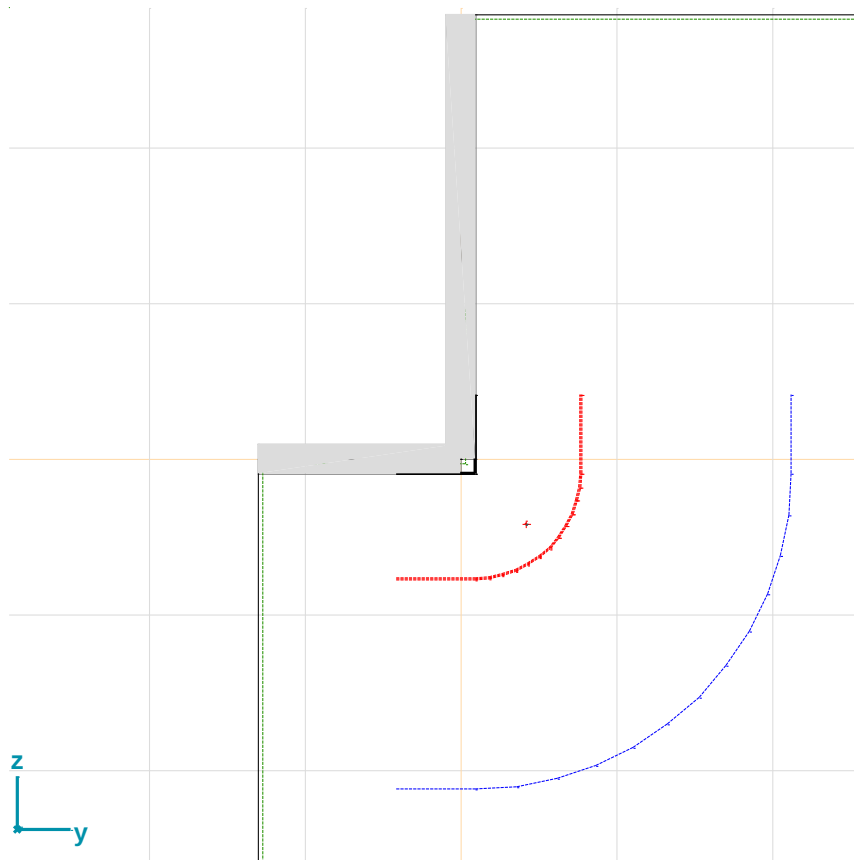
Lemez

Lemezvastagság: $h = 40,0$ cm

Az első átszúródási vasalási kör távolsága a támaszszélétől: $s_0 = 0,1$ m

Az átszúródási vasalás körök közötti sugárirányú távolság: $s_r = 0,1$ m

A nyírási vasalás és a lemez középsíkja által bezárt szög: $\alpha_{sw} = 90,00^\circ$



A terhelt felület kerületének hossza: $u_0 = 1 \text{ m}$

A legkisebb átszúródási kerület hossza: $u_1 = 2,1 \text{ m}$

Igénybevételek

Tehereset: **Mértékadó Min,Max (**

[1,35*Önsúly+1,35*Rétegrend+1,35*Talajnyomás+1,35*Talajvíznyomás+Földszint] {1,5*Hasznos teher})

Átszúródási erő számítása integrálással (Átlagos fajlagos nyíróerő)

Az átszúródási erő: $V_{Ed,0} = 846 \text{ kN}$

Az átszúródási erő: $V_{Ed} = 500 \text{ kN}$

$n_{cp} = 61,49 \text{ kN/m}$

$\beta = 1,2$

A nyírási teherbírás felső korlátjának ellenőrzése az oszlop kerületén

A terhelt felület kerülete mentén fellépő legnagyobb átszúródási nyírófeszültség:

$$v_{Ed,u0} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,2 \cdot 846}{1 \cdot 0,34} = 2961 \text{ kPa}$$

A terhelt felület kerülete mentén figyelembe vehető legnagyobb átszűrődési teherbírás tervezési értéke:

$$v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 2 \cdot 10^4 = 4224 \text{ kPa} > v_{Ed,u0} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,2 \cdot 846}{1 \cdot 0,34} = 2961 \text{ kPa} \text{ megfelel}$$

A betonkeresztmetszet ellenőrzése a legkisebb átszűrődési kerület mentén

$$v_{Ed,u1} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_1 \cdot d} = 1,2 \cdot \frac{500}{2,1 \cdot 0,34} = 855 \text{ kPa}$$

Az átszűrődési vasalás nélküli lemez átszűrődési teherbírásának tervezési értéke:

$$v_{Rd,c} = \text{Max} \left(C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_l \cdot \sigma_{cp} = 0,12 \cdot 1,7692 \cdot (100 \cdot 0,0106 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,1 \cdot 0,15 = \right. \\ \left. = 0,69 ; v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp} = 0,45 + 0,1 \cdot 0,15 = 0,47 \right) = 0,69 \text{ MPa} = 688 \text{ kPa}$$

$$\frac{v_{Ed,u1}}{v_{Rd,c}} = \frac{855}{688} = 1,2432 > 1 \quad \text{!!}$$

Szükség van nyírási (átszűrődési) vasalásra.

Átszűrődési vasalás tervezése

A nyírási vasalás folyáshatárának tervezési értéke:

$$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

A nyírási vasalás folyáshatárának effektív tervezési értéke:

$$f_{ywd,eff} = \text{Min} (250 + 0,25 \cdot d = 250 + 0,25 \cdot 338 = 335 ; f_{ywd} = 435) = 335 \text{ MPa} = 3,345 \cdot 10^5 \text{ kPa}$$

A nyírási vasalás minimális keresztmetszeti területe:

$$A_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{ywk}} \cdot \frac{s_r \cdot u_1}{1,5} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{30}}{500} \cdot \frac{0,1 \cdot 2,1}{1,5} = 0,00012 \text{ m}^2 = 1,21 \text{ cm}^2$$

A nyírási vasalás keresztmetszeti területe a legkisebb átszűrődési kerületen

$$A_{sw} = \frac{v_{Ed,u1} - 0,75 \cdot v_{Rd,c}}{1,5 \cdot f_{ywd,eff} \cdot \sin \alpha_{sw}} \cdot u_1 \cdot s_r = \frac{855 - 0,75 \cdot 688}{1,5 \cdot 3,345 \cdot 10^5 \cdot \sin 90,00^\circ} \cdot 2,1 \cdot 0,1 = 0,00014 \text{ m}^2 = 1,40 \text{ cm}^2$$

$$A_{sw} = 1,40 \text{ cm}^2 > A_{sw,min} = 1,21 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Nyírási határfeszültség átszűrődési vasalás mellett:

$$v_{Rd,cs} = 0,75 \cdot v_{Rd,c} + 1,5 \cdot \frac{d}{s_r} \cdot \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd,eff}}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha_{sw} = 0,75 \cdot 688 + 1,5 \cdot \frac{0,34}{0,1} \cdot \frac{0,00014 \cdot 3,345 \cdot 10^5}{2,1 \cdot 0,34} \cdot \sin 90,00^\circ = 855 \text{ kPa}$$

$$< k_{max} \cdot v_{Rd,c} = 1,5 \cdot 688 = 1032 \text{ kPa} \quad \checkmark$$

A födém nyírási kihasználtsága:

$$\frac{v_{Ed,u1}}{v_{Rd,cs}} = \frac{855}{855} = 0,99998 \leq 1 \quad \text{megfelel}$$

Az átszűrődési kerület, amely mentén méretezett átszűrődési vasalásra már nincs szükség:

$$u_{out} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{v_{Rd,c} \cdot d} = \frac{1,2 \cdot 500}{688 \cdot 0,34} = 2,6 \text{ m}$$

Az átszűrődési kerület (amely mentén méretezett átszűrődési vasalásra már nincs szükség) távolsága a terhelt felület kerületétől:

$$a_{out} = 0,25 \text{ m}$$

Az átszűrődési vasalási körök száma:

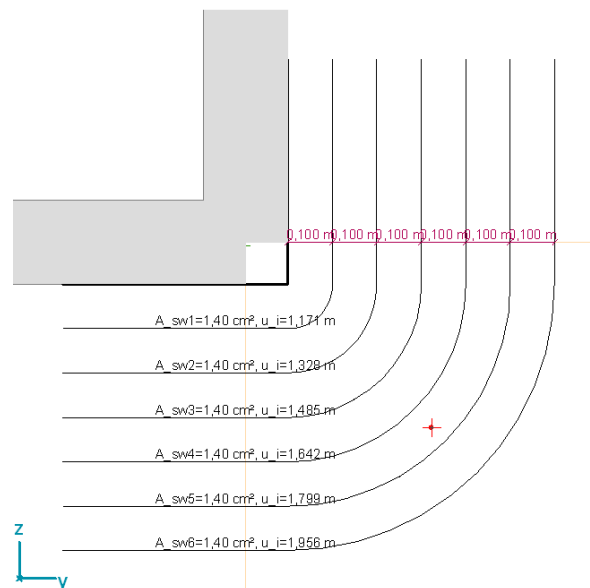
$$n_{sr,min} = \frac{1,5 \cdot d}{s_r} = \frac{1,5 \cdot 0,34}{0,1} = 5,07 \rightarrow n_{sr,min} = 6 \text{ db}$$

$$n_{sr} = \frac{a_{out} - 1,5 \cdot d - s_0}{s_r} + 1 = \frac{0,25 - 1,5 \cdot 0,34 - 0,1}{0,1} + 1 = -2,58 \rightarrow n_{sr} = -2 \text{ db}$$

$$n_{sr} = -2 \text{ db} < n_{sr,min} = 6 \text{ db} \rightarrow n_{sr} = n_{sr,min} = 6 \text{ db}$$

Az átszűrődési vasalás részletezése

Kerület	a_i [cm]	u_i [cm]	A_{sw} [cm ²]
1.	10,0	117,1	1,40
2.	20,0	132,8	1,40
3.	30,0	148,5	1,40
4.	40,0	164,2	1,40
5.	50,0	179,9	1,40
6.	60,0	195,6	1,40
Összesen			8,42



A szükséges vasmennyiséget $\varnothing 10$ -es kengyelekkel biztosítottam az igényelt területen megfelelő elosztásban. Ez 157 mm²-t biztosít a 140 mm²-es átszűrődési vas igényre.

9. Függőleges vasbeton szerkezetek

9.1. Bennmaradó beton zsaluzóelemes vasbeton falak

Az épületben több helyen is Leier ZS 25 zsalukő fal kerül kialakításra, névleg a pincefalak, valamint a lépcsőház külső fala.

9.1.1. Geometria

A vasbeton falak nyomatékálló szerkezetek, melyek képesek felvenni az épületre ható oldalirányú terheket és nyomatékokat. A pincefalak esetében föld- és víznyomás terheinek felvétele miatt van szükség vasbeton szerkezetre, míg a lépcsőház falánál a konzolos lépcsőfokok terheit és koncentrált nyomatékát szükséges felvenni.



13. ábra. Leier zsalukő vasalási minta

Forrás: www.leier.hu

A zsalukő falak vasalásának meghatározásakor figyelni kellett a valós vasbeton mag keresztmetszetére, valamint a zsalukövek méretére és vasalhatóságára. A Leier ZS 25 zsaluzóelem méretei az alábbiak:

Szélesség: 25 cm

Hosszúság: 50cm

Magasság: 23 cm

Betonacél elhelyezése függőlegesen az elem közepén, valamint az elem végén, míg vízszintesen az elemek tetején kialakított vágatokban lehetséges.

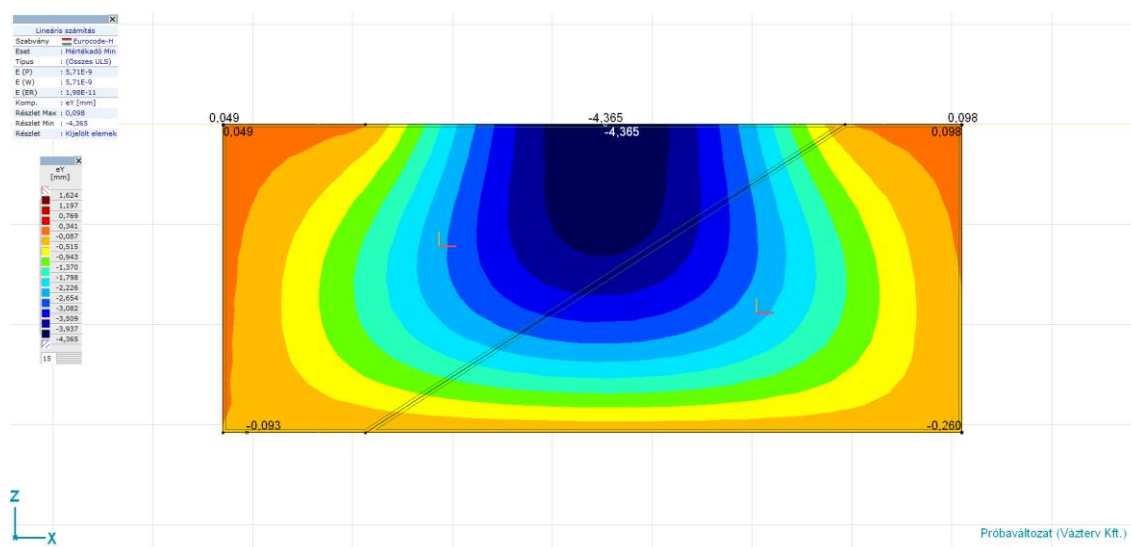
9.1.2. Terhek

A vasbeton falak terhelés szempontjából mértékadó szakasza a lépcsőház pinceszintű fala. Ennek a szakasznak a vizsgálatát részletezem, és az itt meghatározott vasalást alkalmazom majd minden vasbeton falnál. Költséghatékonyság céljából lehet csökkenteni az alkalmazott keresztmetszeten bizonyos szakaszokon, ám ez a vasszerelés

egyszerűségének a kárára szolgálna, valamint a minimális szükséges keresztmetszetet mindenképp biztosítani kell mindenhol, így a csökkentés mértéke is limitált.

A mértékadó terhek a vasbeton falak esetében a földnyomás, talajvíz nyomás, a konzolos lépcsőfokok terhei, valamint a felülről érkező átadódó épület terhek.

Statikai vázam a valóságtól a biztonság javára tér el, ugyanis a számítások során nem kalkuláltam a bennmaradó zsaluzat teherbírásával, csak a vasbeton maggal.

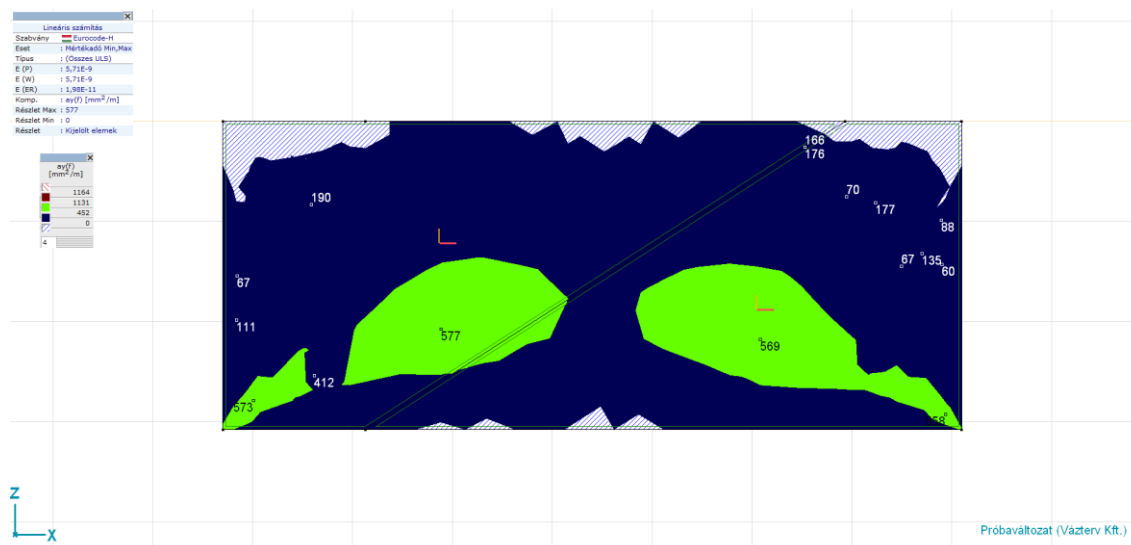


14. ábra. Pincefal síkra merőleges elmozdulása, Forrás: AxisVM

9.1.3. Vasalás meghatározása

A vasalás meghatározásakor korlátozta a lehetőségeimet, hogy zsaluköves falakat 25 cm-es vaskiosztással tudtam csak számolni a bennmaradó zsaluzóelemek geometriája miatt.

Ellenőriztem, hogy $\varnothing 12$ betonacél kiosztása megfelel-e, azonban az alábbi ábrán látható módon ez nem volt elegendő a betonacél szükséglet kielégítésére. Ez okból $\varnothing 14/25$ húzott betonacél kiosztást írtam elő $\varnothing 12$ vízszintes elosztó vasalással, amit 23 cm-ként kell elhelyezni minden zsaluzóelem sor tetején az előkészített helyre. Amennyiben $\varnothing 14$ betonacél nem beszerezhető, ez esetben a zsalukő falak további optimalizálása lehetséges, azonban ez részletesebb számítást igényel, ami jelen feladatnak nem része.



15. ábra. Pincefal húzott oldali vasigénye. Forrás: AxisVM

9.2. Vasbeton erősítő pillérek

Mivel a vázkerámia falazott szerkezetek vízszintes erőhatások felvételére nem alkalmas, ezért az épületbe be kell építeni vasbeton erősítő pilléreket.

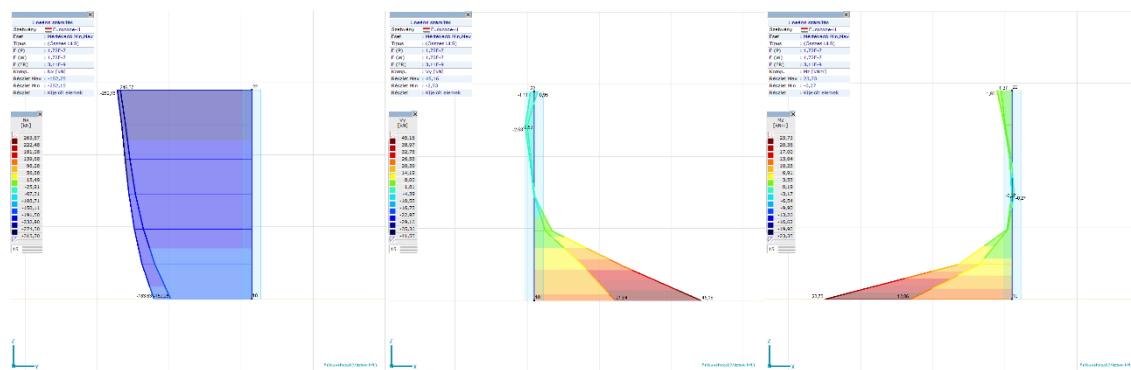
9.2.1. Geometria

Az épület sarkain, hosszabb falszakaszokban, valamint a monolit vasbeton nyíláskiváltó gerendák támaszainál helyeztem el 25x25 cm keresztmetszetű négyzet alaprajzú pilléreket.

9.2.2. Tervezés

A tervezéshez AxisVM szoftvert alkalmaztam

Az ábrákon látható mértékadó igénybevételek $N_x=252$ kN, $V_y=45$ kN, $M_z=24$ kN

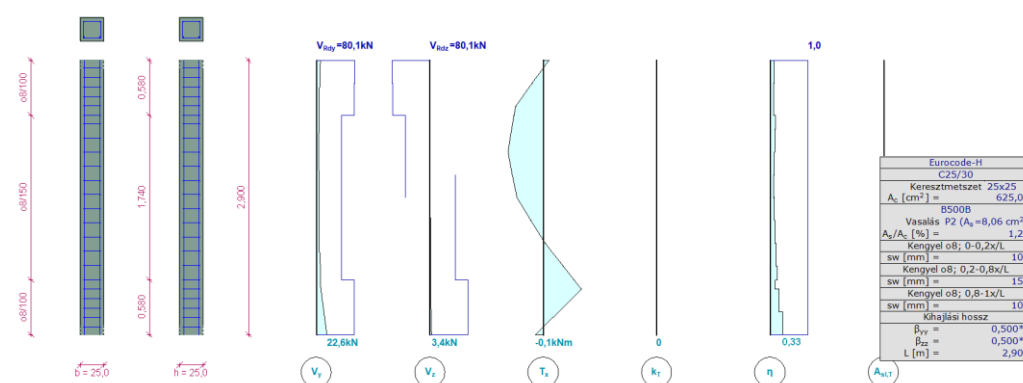


16. ábra. Erősítő pillér igénybevételei ábrái, ULS határállapot, N_x, V_y, M_z

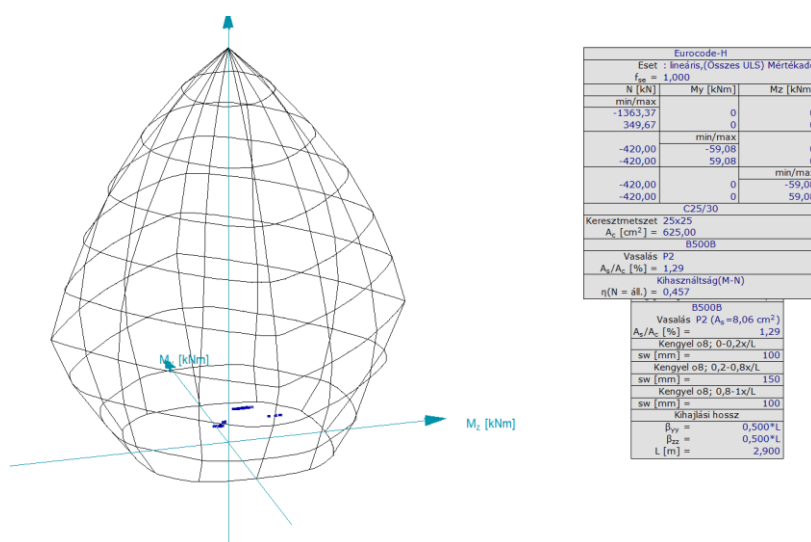
Forrás: AxisVM

A pillér keresztmetszet sarkaiba $\varnothing 16$ -os hosszanti vasalást helyeztem el, $\varnothing 8$ kengyelekkel, változó kiosztásban. A pillérek alsó és felső végén 60cm hosszan 10 cm kengyeltávolsággal, a középső traktusban 15 cm kengyeltávolsággal.

Mivel szeizmikus terhelésre való tervezés a szakdolgozatomnak nem volt része, így csak a szélteherből származó terheket foglalja magába a kalkuláció. Jelenlegi szabványok szerint az én épületemet is kellene földrengésre tervezni.



17. ábra. Erősítő pillér oszlopvasalási ábra, Forrás: AxisVM



18. ábra. Erősítő pillér külpontosságának vizsgálata, Forrás: AxisVM

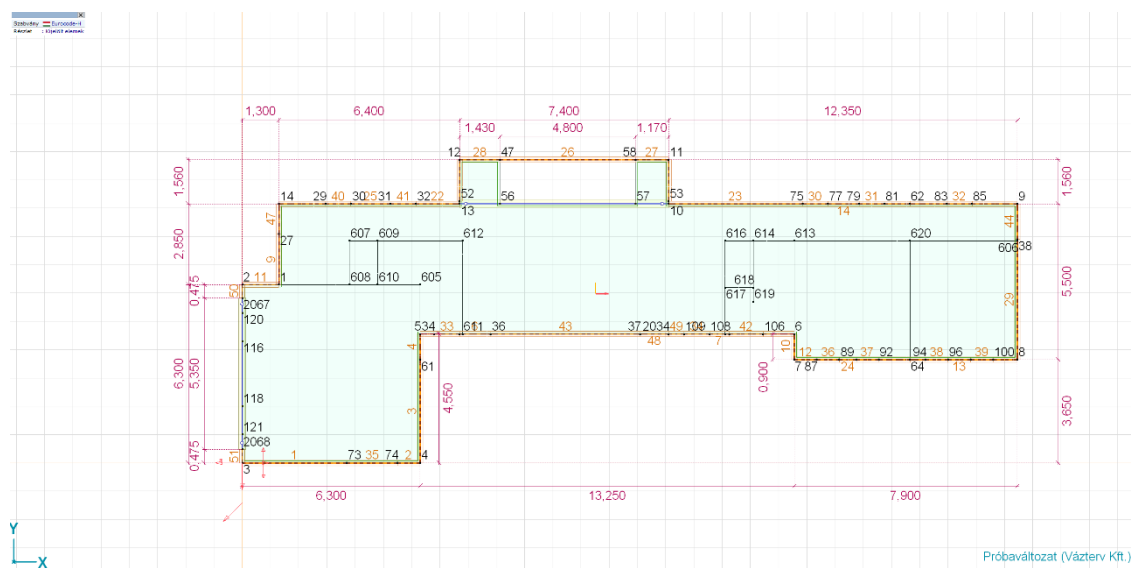
10. Pince feletti földém

10.1. Geometria

A földszint felett -0,35 m-es alsó síkkal 20 cm vastag monolit vasbeton földém kerül kialakításra. A földém a zsaluköves rendszerű bennmaradó zsaluzatú vasbeton falra támaszkodik. A szerkezetek közötti együttdolgozást monolit vasbeton koszorú biztosítja, mely az épület teljes körvonalán fut.

A lépcsőház területén jelentős méretű földémkivágás található, melyet G-1 jelű vasbeton gerendával erősítettem meg.

A garázskapu felett szintén vasbeton gerendát kellett elhelyezni a nagy fesztávú falnyílás áthidalására. Ez a G-2 jelű gerenda.



19. ábra. Pince feletti földém geometria. Forrás: AxisVM

10.2. Terhek

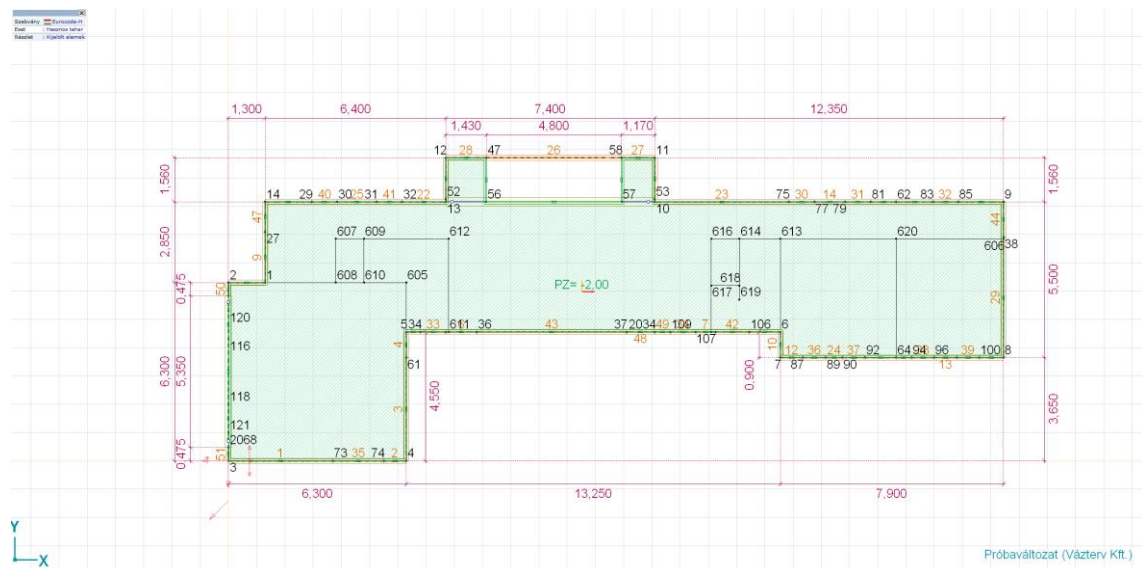
A szerkezet önsúlyát AxisVM szoftver segítségével kalkuláltam.

A teherfelvétel során figyelembe vettem a rétegrendi terheket, melyet függőleges szerkezetek esetén vonal menti teherként helyeztem be szerkezeti tengelyvonalba.

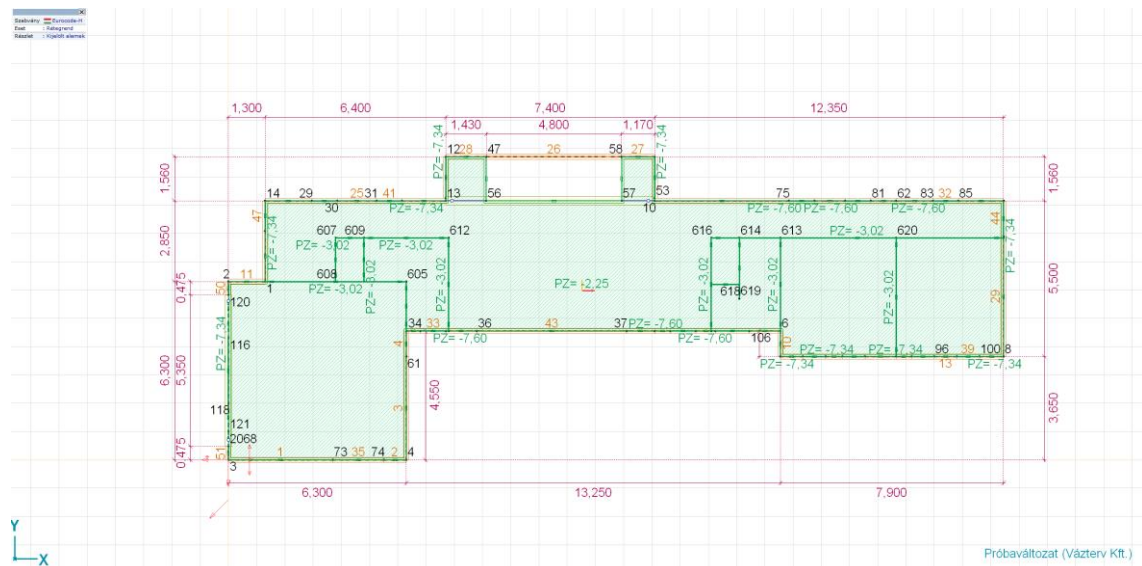
A felsőbb szintekről átadódó terheket állandó teherként 1-es biztonsági tényezővel helyeztem el a vasbeton falakra terhelve, falszakaszonként a felsőbb szintek vonalmenti támaszainak átlagos reakcióerőit figyelembe véve.

A földszint teljes alapterületén a lakóépületekre vonatkozó $2,00 \text{ kN/m}^2$ terhet határoztam meg hasznos teherként.

A vasbeton falak és erősítő pillérek vizsgálata céljából a statikai modellem a teljes vizsgált szintet magába foglalja, így a falakra a megfelelő szélterheket fel tudtam helyezni a tervező szoftver segítségével.



20. ábra. Pince feletti födém hasznos terhei. Forrás: AxisVM



21. ábra. Pince feletti födém állandó terhei. Forrás: AxisVM

10.3. Vasalás meghatározása

Az pince feletti földem vasalási igényét a tervező szoftver segítségével határoztam meg.

Első lépésként a lemez vasalhatóságát kellett megállapítani.

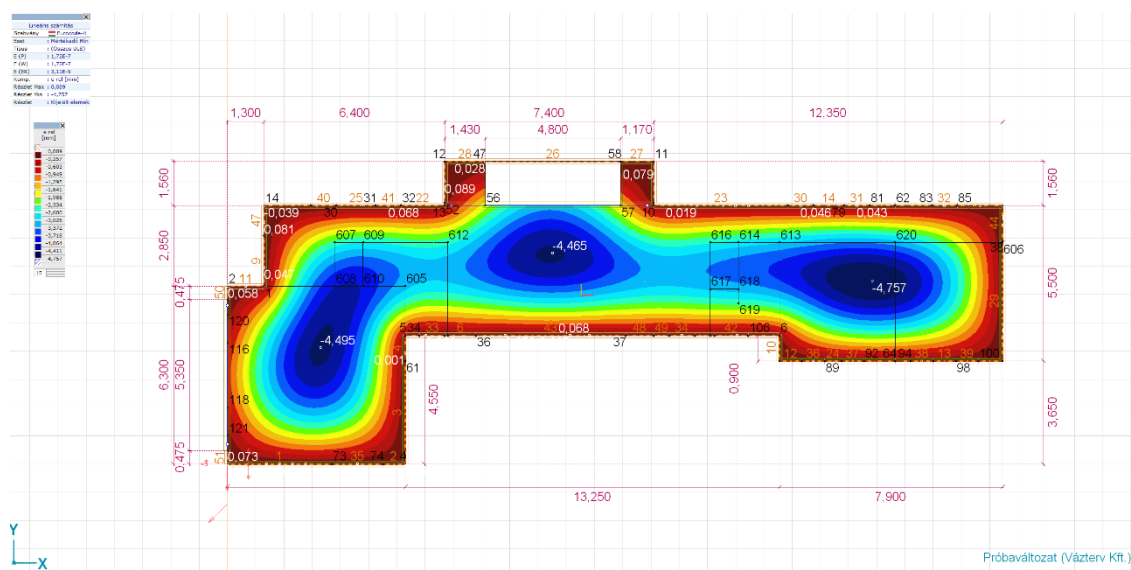
Minimális szükséges keresztmetszet: $A_{s,min} = 240 \text{ mm}^2/\text{m}$, melyet a választott alapháló ($A_s = 524 \text{ mm}^2/\text{m}$) kielégít.

Maximális lehetséges keresztmetszet: $A_{s,max} = 8\,000 \text{ mm}^2/\text{m}$, mely többszörösen meghaladja a kalkulált betonacél keresztmetszet igényt.

Ezek alapján megállapítottam, hogy a lemez vasalásának tervezése megoldható.

A lemez függőleges elmozdulásai alapján számított betonacél szükséglet meghatározása a következő lépés.

Az épület hosszanti iránya a modell szerinti X tengely iránya, a kereszt irány az Y.

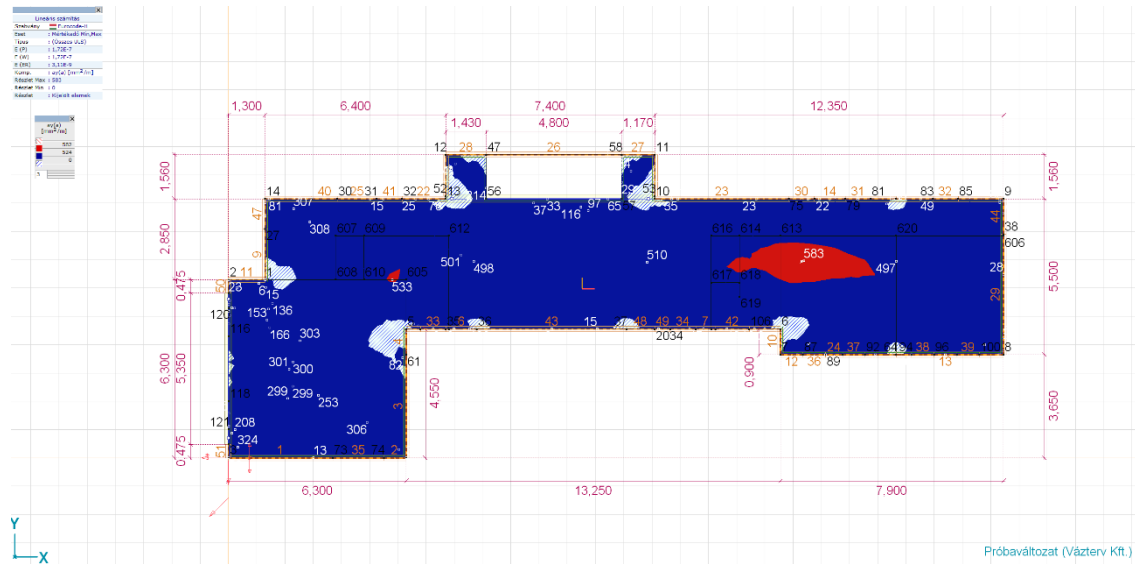


22. ábra. Pince feletti földem lehajlása ULS határállapotban. Forrás: AxisVM

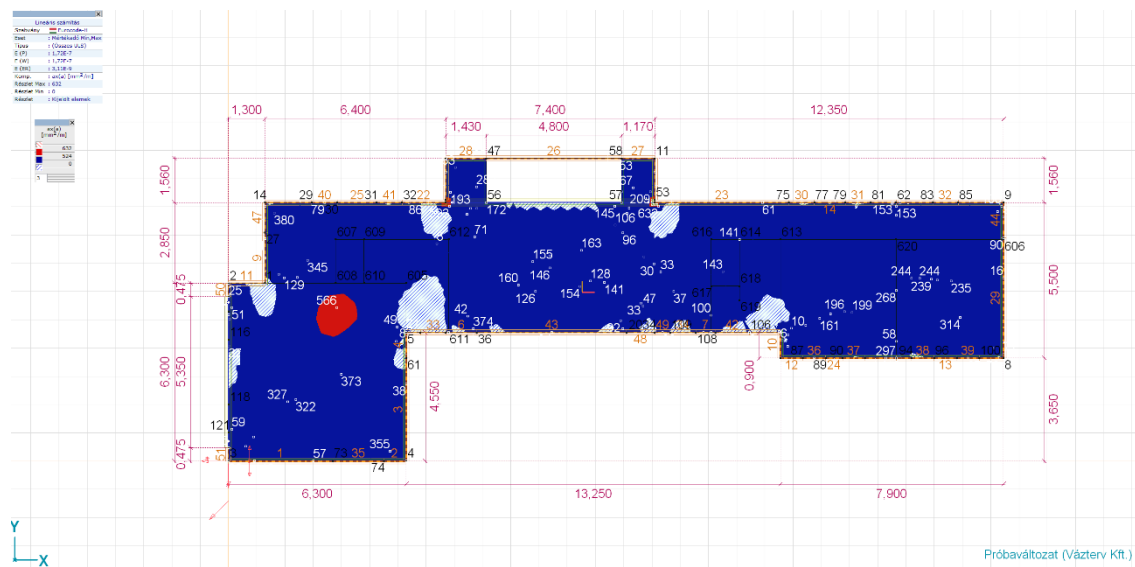
A tervezőszoftver vasbeton tervezési modulja segítségével kimutatást kértem a lemezalap vasalási igényét.

Az alaphálót alul és felül is $\emptyset 10/15/15$ helyszínen szerelt B500B betonacél hálónak határoztam meg, amit a szoftver által jelölt helyeken kiegészítő vasalással sűrítettem. A pontos vaskiosztást kiviteli terven részleteztem. Teljes felületű felső hálót írtam elő,

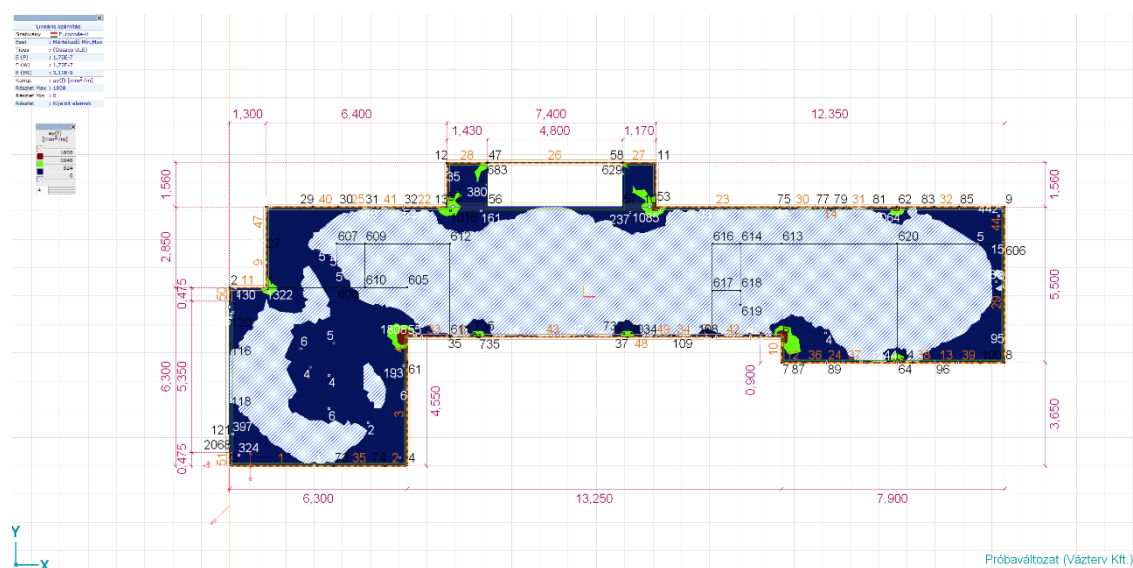
ugyanis a szoftver által előírt minimális vasmennyiségek elenyésző helyen voltak indokolatlanok.



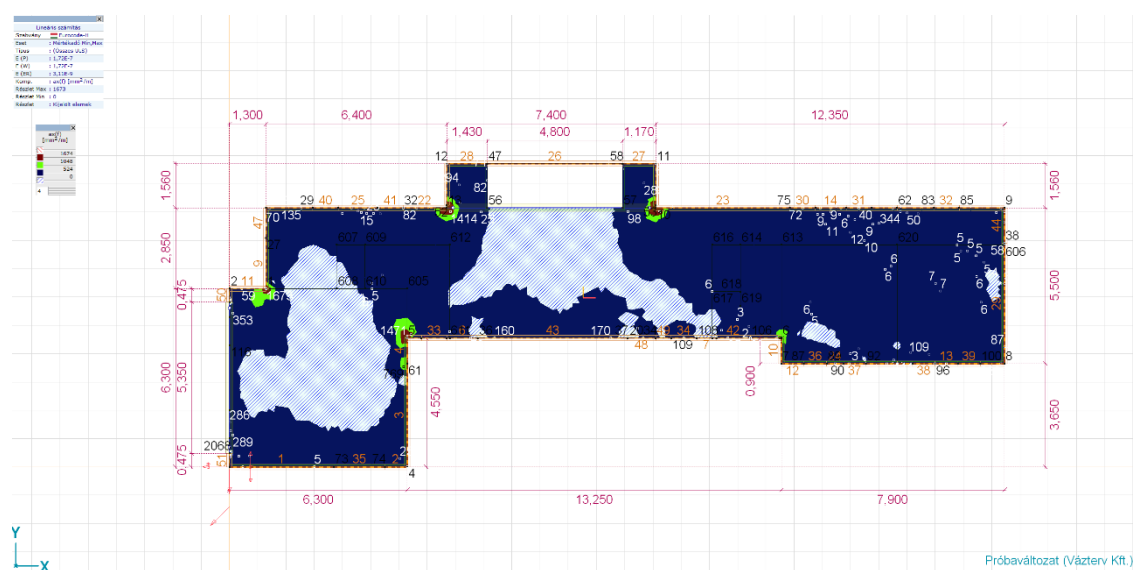
23. ábra. Pince feletti födém vasigénye $a_y(a)$, Forrás: AxisVM



24. ábra. Pince feletti födém vasigénye $a_x(a)$, Forrás: AxisVM



25. ábra. Pince feletti födém vasigénye $ay(f)$, Forrás: AxisVM



26. ábra. Pince feletti födém vasigénye $ax(f)$, Forrás: AxisVM

10.4. Átszűrődésvizsgálat

A fődém kritikus pontjait, a konkáv falsarkokat vizsgáltam átszűrődásra a lemezalaphoz hasonlóan, itt azonban a szoftver igazolta, hogy a fődém betonkeresztmetszete képes felvenni a nyírási terhelést, így itt nincs szükség külön átszűrődási vasalás kialakítására.

Az alábbi számítást az AxisVM szoftverből kivonatoltam.

Lemez átszúródásvizsgálata

Szabvány: Eurocode 2 MSZ EN 1992-1-1

1. cspt.

Kivonat

$$\frac{V_{Ed,u0}}{V_{Rd,max}} = \frac{1166}{3600} = 0,32397 \leq 1 \quad \checkmark$$

$$\frac{V_{Ed,u1}}{V_{Rd,c}} = \frac{570}{591} = 0,9637 \leq 1 \quad \checkmark \quad \text{Nincs szükség átszúródási vasalásra.}$$

Modellparaméterek

Anyagok

Beton: **C25/30** ($f_{ck} = 25$ MPa)

Betonacél: Hosszvasalás: **B500A** ($f_{yk} = 500$ MPa)

Átszúródási vasalás: **B500A** ($f_{ywk} = 500$ MPa)

Geometria

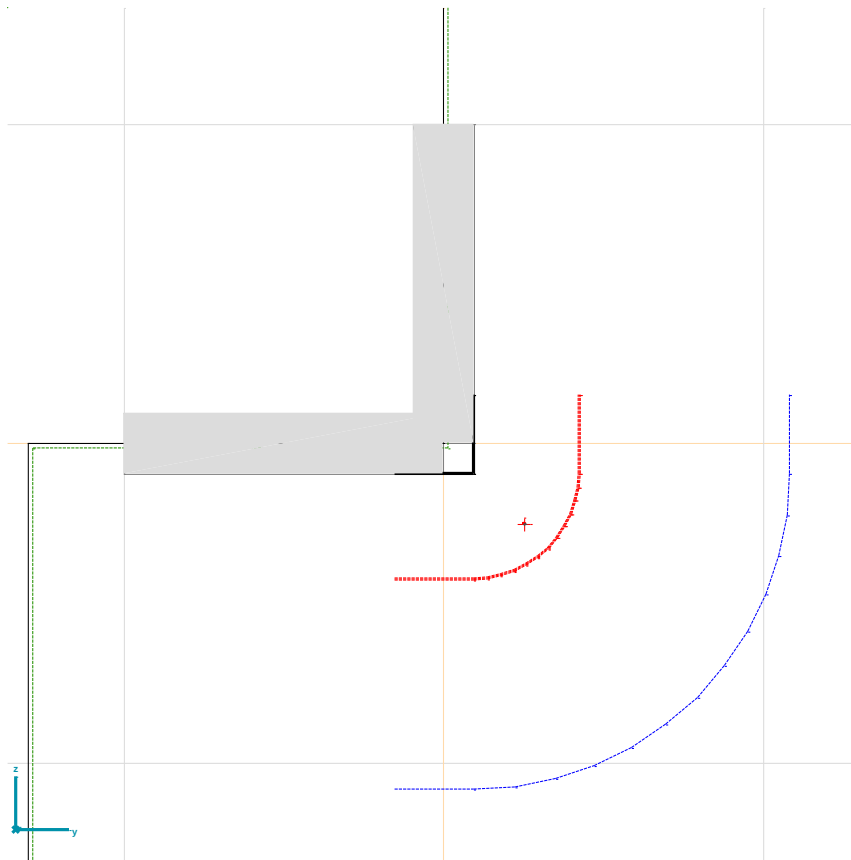
Lemez

Lemezvastagság: $h = 20,0$ cm

Az első átszúródási vasalási kör távolsága a támasz szélétől: $s_0 = 0,075$ m

Az átszúródási vasalás körök közötti sugárirányú távolság: $s_r = 0,1$ m

A nyírási vasalás és a lemez középsíkja által bezárt szög: $\alpha_{sw} = 90,00^\circ$



A terhelt felület kerületének hossza: $u_0 = 0,5 \text{ m}$

A legkisebb átszűrődési kerület hossza: $u_1 = 1 \text{ m}$

Igénybevételek

Tehereset: Mértékadó Min,Max ([1,35*Önsúly+1,35*Rétegrend+Emelet] {1,5*Hasznos teher}

(1,5*0,6*Szél [Földszint] Y.S.P))

Átszűrődési erő számítása integrálással (Átlagos fajlagos nyíróerő)

Az átszűrődési erő: $V_{Ed} = 79 \text{ kN}$

$$n_{cp} = -1,04 \text{ kN/m}$$

$$\beta = 1,2$$

A nyírási teherbírás felső korlátjának ellenőrzése az oszlop kerületén

A terhelt felület kerülete mentén fellépő legnagyobb átszűrődési nyírófeszültség:

$$v_{Ed,u_0} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,2 \cdot 79}{0,5 \cdot 0,17} = 1166 \text{ kPa}$$

A terhelt felület kerülete mentén figyelembe vehető legnagyobb átszűrődési teherbírás tervezési értéke:

$$v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,54 \cdot 1,6667 \cdot 10^4 = 3600 \text{ kPa} > v_{Ed,u0} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,2 \cdot 79}{0,5 \cdot 0,17} = 1166 \text{ kPa} \text{ megfelel}$$

A betonkeresztmetszet ellenőrzése a legkisebb átszűrődési kerület mentén

$$v_{Ed,u1} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_1 \cdot d} = 1,2 \cdot \frac{79}{1 \cdot 0,17} = 570 \text{ kPa}$$

Az átszűrődési vasalás nélküli lemez átszűrődési teherbírásának tervezési értéke:

$$v_{Rd,c} = \text{Max} \left(C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_l \cdot \sigma_{cp} \right) = 0,12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,006 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} + 0,1 \cdot (-0,0052) =$$

$$= 0,59 ; v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp} = 0,49 + 0,1 \cdot (-0,0052) = 0,49 = 0,59 \text{ MPa} = 591 \text{ kPa}$$

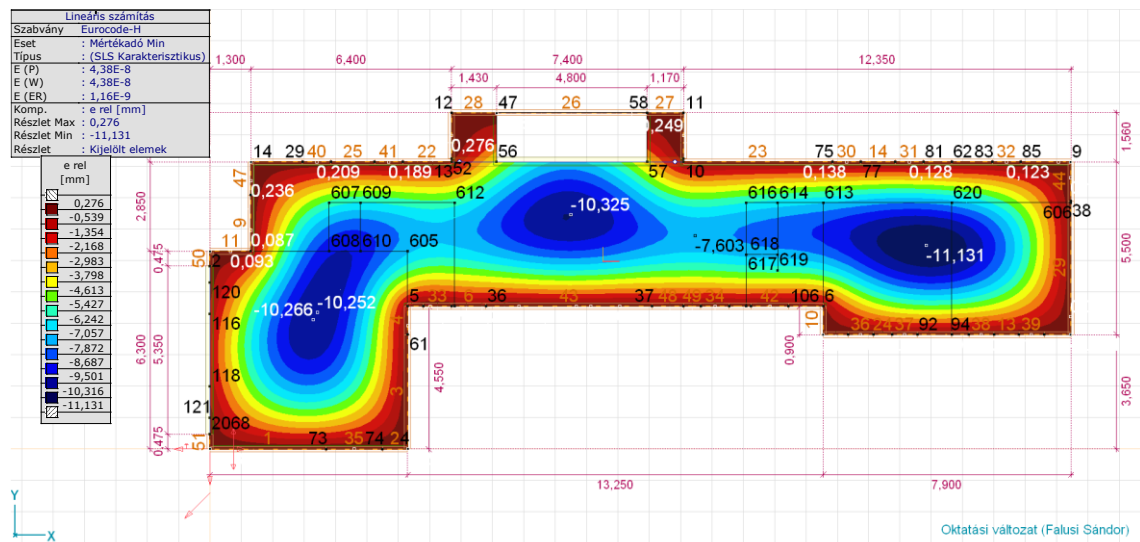
$$\frac{v_{Ed,u1}}{v_{Rd,c}} = \frac{570}{591} = 0,9637 \leq 1 \quad \checkmark$$

Nincs szükség átszűrődési vasalásra.

10.5. Lehajlásvizsgálat

A födémlelhajlást az AxisVM szoftver elmozdulásvizsgálata alapján végeztem. A vizsgálathoz hosszútávú hatásokkal kalkulálva csökkentettem a vasbeton rugalmassági modulusát.

A főirányú fesztávok alapján meghatároztam a maximális megengedett lehajlást, amit $L/250$ képlettel kritikus helyeken $5500/250 = 22$ mm-ben, valamint $4600/250 = 18,4$ mm-ben állapítottam meg. Ezt összevettem SLS karakterisztikus határállapotban megállapított födémelmozdulásokkal. Az összehasonlítás alapján a szerkezet lehajlásra megfelel.



27. ábra. Földszint feletti födém elmozdulásai SLS határállapotban,
hosszú távú vizsgálat Forrás: AxisVM

10.6. G1 monolit vasbeton gerenda tervezése

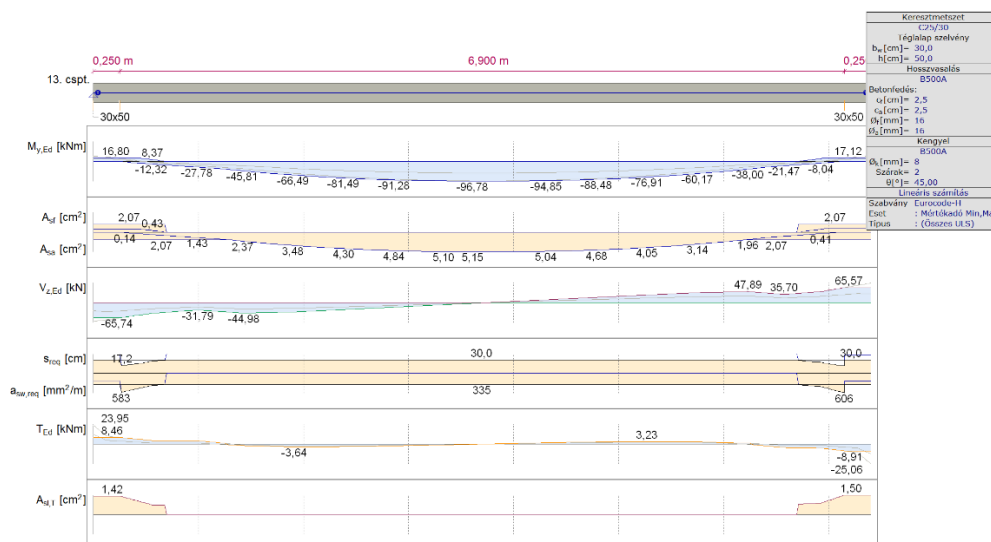
10.6.1. Geometria

A lépcsőház melletti födémkivágást megerősítő $L=7,40$ m támaszközü vasbeton gerenda magasságát $L/15$ becsléssel $h=50$ cm magasságban határoztam meg. Szélességét a teherhordó falak vastagsága és a födémnyílás geometriája alapján $b=30$ cm-re vettem fel.

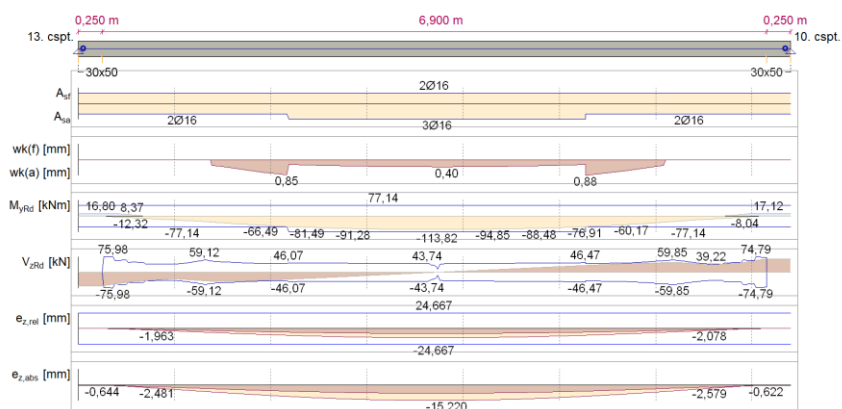
10.6.2. Tervezés

A gerenda vasigényének megállapítására AxisVM szoftvert használtam, az eredményeket kézzel ellenőriztem. A gerenda keresztmetszetében a sarkokba $\varnothing 16$ fővasat helyeztem el, $\varnothing 8$ kengyelekkel. A méretezési számítás alapján megállapítottam, hogy alulra további $1\varnothing 16$ hajlítási fővasra van szükség. Mivel a gerenda két végén a födém két oldalról terhel, a gerenda közepén csak egy oldalról, ezért csavarási vasalásra is szükség van. Ezt a kalkuláció is igazolta. Ezt a kengyelek geometriai kialakításával, valamint $\varnothing 12$ csavarási hosszvasalással kezeltem.

A valós gerendavasalás kialakításakor figyelembe vettem, hogy mivel a födém hálóvasalását nem feltétlenül lehet megoldani a gerenda vonalában, ezért a födém vasalási igényének megfelelő többlet hosszvasat helyeztem el a gerendában.

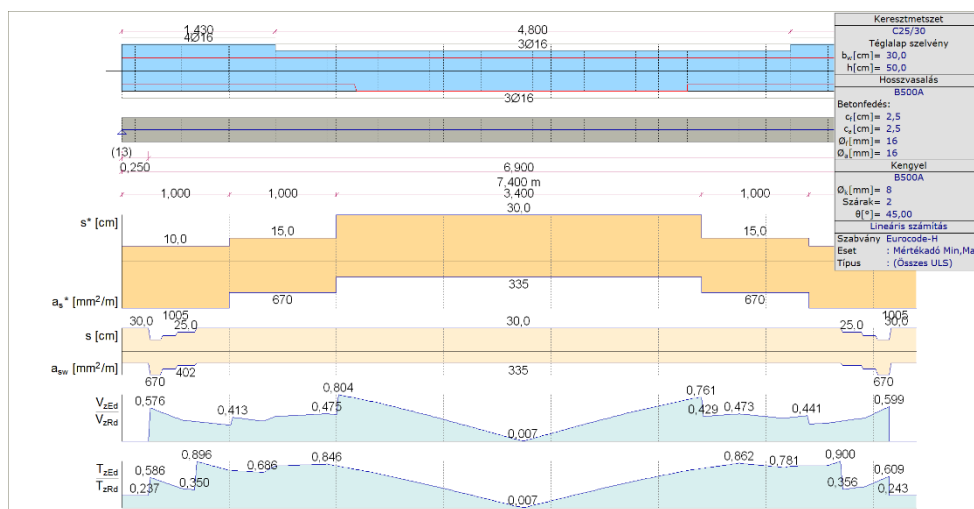


28. ábra. G-1 jelű gerenda ULS igénybevételi ábrák, Forrás: AxisVM



Keresztmetszet	
C25/30	
Téglalap szelvény	
b_w [cm]	30,0
h [cm]	50,0
Hosszvasalás	
BS500A	
Betonfedés:	
c_t [cm]	2,5
c_b [cm]	2,5
ϕ_t [mm]	16
ϕ_b [mm]	16
Kengyel	
BS500A	
ϕ_k [mm]	8
Szárák	2
θ [°]	45,00
Lineáris számítás	
Szabvány Eurocode-H	
Eset	Mértékadó Min,Max
Típus	(Összes ULS)

29. ábra. G-1 jelű gerenda, számított hosszvasalás, Forrás: AxisVM



30. ábra. G-1 jelű gerenda, számított kengyel vasalás, Forrás: AxisVM

10.6.3. Teherbírási számítás

Az alábbi számítást AxisVM szoftver segítségével végeztem

Vasbeton gerenda

Szerkezeti elemek: 25, 6, 24

Szabvány: Eurocode-H

Tehereset: lineáris,(Összes ULS) Mértékadó

Anyagok

Beton: C25/30 ($f_{ck} = 25$ MPa)

Betonacél:

Hosszvasalás: B500A ($f_{yk} = 500$ MPa)

Kengyel: B500A ($f_{ywk} = 500$ MPa)

Kúszási tényező: $\varphi(\infty, t_0) = 2$ MSZ EN 1992-1-13.1.7. (2)

Vasalási paraméterek megadása

Betonfedések: $c = 2,5$ cm

Felső hosszvasalás: $\phi_T = 16$ mm ($A_{\phi,T} = 2,01$ cm²)

Alsó hosszvasalás: $\phi_B = 16$ mm ($A_{\phi,B} = 2,01$ cm²)

Felső sarokvasak: $\phi_{c,T} = 16$ mm ($A_{\phi,c,T} = 2,01$ cm²)

Alsó sarokvasak: $\phi_{c,B} = 16$ mm ($A_{\phi,c,B} = 2,01$ cm²)

Oldalsó csavarási vasalás: $\phi_T = 12$ mm ($A_{\phi,T} = 1,13$ cm²)

Kengyelátmérő: $\phi_w = 8$ mm ($A_{\phi,w} = 0,50$ cm²)

Szárok száma: $n_{\phi,w} = 2$ db

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge: $\Theta = 45,00^\circ$ ($\cot \Theta = 1$)

Vaspozíció:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 2,5 + 0,8 + \frac{1,6}{2} = 4,1 \text{ cm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 2,5 + 0,8 + \frac{1,6}{2} = 4,1 \text{ cm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 2,5 + 0,8 + \frac{1,6}{2} = 4,1 \text{ cm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 2,5 + 0,8 + \frac{1,6}{2} = 4,1 \text{ cm}$$

1. ULS (teherbírási határállapot)

Tervezési paraméterekTervezési állapot: **Tartós és ideiglenes**

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 25}{1,5} = 17 \text{ MPa} = 1,6667 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 1,6667 \cdot 10^4 = 1,6667 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3)}$$

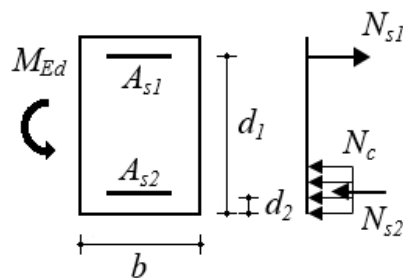
$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 1,8}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} = 1197 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (2)P (3.16)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

$$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 4,35 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

1.1. Hajlítás**Legnagyobb húzott vasalás felül**A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 6,714 \text{ m}$ Tehereset/Teherkombináció: **[1,35*Önsúly+1,35*Rétegrend+Emelet] {1,5*Szél [Földszint] X+.S.P}**
(1,5*0,7*Hasznos teher)**Geometria**A keresztmetszet magassága: $h = 50,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 30,0 \text{ cm}$ **Igénybevételek**

$$M_{Ed} = 0,65 \text{ kNm}$$

Hajlítási vasalás tervezése

A keresztmetszet egyensúlyát kifejező egyenletek

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

Részeredmények

Hasznos magasság:

$$d = 45,9 \text{ cm}$$

Legnagyobb tiszta nyomatéki teherbírás nyomott vasalás nélkül:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{2 \cdot 10^8}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 45,9 = 28,31 \text{ cm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 28,31 = 22,65 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3) 3.5.. ábra}$$

$$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(0,46 - \frac{0,23}{2} \right) \cdot 0,23 \cdot 0,3 \cdot 1,6667 \cdot 10^4 = 392 \text{ kNm} > M_{Ed} = 0,65 \text{ kNm}$$

Nyomott betonzóna magassága:

$$x_c = 0,02848 \text{ cm}$$

Számított húzott hajlítási vasalás:

$$A_{s,1} = 2,07 \text{ cm}^2 \quad (A_{s,min} = 2,07 \text{ cm}^2)$$

Legnagyobb húzott vasalás alul

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 3,608 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: **[1,35*Önsúly+1,35*Rétegrend+Emelet] {1,5*Hasznos teher} (1,5*0,6*Szél [Földszint] Y-S.S)**

Geometria

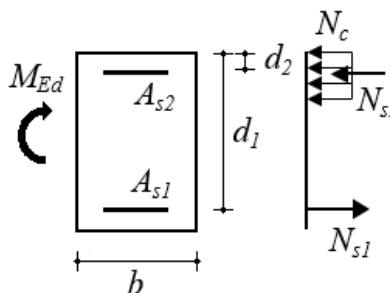
A keresztmetszet magassága: $h = 50,0 \text{ cm}$

A keresztmetszet szélessége: $b_w = 30,0 \text{ cm}$

Igénybevételek

$$M_{Ed} = 97 \text{ kNm}$$

Hajlítási vasalás tervezése



A keresztmetszet egyensúlyát kifejező egyenletek

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

Részeredmények

Hasznos magasság:

$$d = 0,46 \text{ m}$$

Legnagyobb tiszta nyomatéki teherbírás nyomott vasalás nélkül:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{2 \cdot 10^8}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{4,35 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8}} \cdot 0,46 = 28,31 \text{ cm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 28,31 = 0,23 \text{ m} \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3) 3.5.. ábra}$$

$$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(0,46 - \frac{0,23}{2} \right) \cdot 0,23 \cdot 0,3 \cdot 1,6667 \cdot 10^4 = 392 \text{ kNm} > M_{Ed} = 97 \text{ kNm}$$

Nyomott betonzóna magassága:

$$x_c = 4,431 \text{ cm}$$

Számított húzott hajlítási vasalás:

$$A_{s,1} = 5,15 \text{ cm}^2 \quad (A_{s,min} = 2,07 \text{ cm}^2)$$

1.2. Nyírás-Csavarás

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: 7,150 m

Tehereset/Teherkombináció: [1,35*Önsúly+1,35*Rétegrend+Emelet] {1,5*Hasznos teher} (1,5*0,6*Szél [Földszint] Y+.S.P)

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 50,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 30,0 \text{ cm}$ **Igénybevételek**

$$M_{Ed} = 15 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 65,00 \text{ kN} \quad T_{Ed} = 8,91 \text{ kNm}$$

A méretezett nyírási vasalás nélküli szerkezeti elem nyírási teherbírásának tervezési értéke: MSZ EN 1992-1-1 6.2.2. (1)

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,37 + 0,15 \cdot 0) \cdot 300 \cdot 459 = 5,1543 \cdot 10^4 \text{ N} = 52 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \left(C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d = (0,12 \cdot 1,6601 \cdot (100 \cdot 0,0015 \cdot 25)^{1/3} + 0,15 \cdot 0) \cdot 300 \cdot 459 = 4,2618 \cdot 10^4 \text{ N} = 43 \text{ kN} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (6.2.b)}$$

$$V_{Rd,c} = 43 \text{ kN} < V_{Rd,c,min} = 52 \text{ kN} \rightarrow V_{Rd,c} = V_{Rd,c,min} = 52 \text{ kN}$$

A repesztő csavarónyomaték:

$$T_{Rd,c} = f_{ctd} \cdot t_{efl} \cdot 2 \cdot A_k = 1197 \cdot 0,094 \cdot 2 \cdot 0,084 = 19 \text{ kNm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 6.3.2. (5)}$$

A betonkeresztmetszet nyírási/csavarási kihasználtsága méretezett vasalás nélkül:

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = \frac{8,91}{19} + \frac{65,00}{52} = 1,7348 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 6.3.2. (6.31)} > 1 \quad !!$$

Méretezett nyírási/csavarási vasalásra van szükség.

$$\cot \Theta_{min} = 1 \leq \cot \Theta \leq \cot \Theta_{max} = 1 \quad (\text{NA5.1})$$

$$\cot \Theta = 1 \rightarrow \Theta = \arctan \frac{1}{\cot \Theta} = \arctan \frac{1}{1} = 45,00^\circ$$

A kengyelek egymástól mért távolságának számított értéke: MSZ EN 1992-1-1 (6.8) (6.26) (6.27)

$$s = \frac{A_{s,w}}{V_{Ed} + 2 \cdot z_i \cdot \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k}} \cdot 0,4131 \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta = \frac{1,01}{65,00 + 2 \cdot 0,42 \cdot \frac{8,91}{2 \cdot 0,084}} \cdot 0,4131 \cdot 4,35 \cdot 10^5 \cdot \cot 45,00^\circ = 16,51 \text{ cm} \rightarrow$$

$$s = 15 \text{ cm}$$

Kengyelezésre vonatkozó szerkesztési szabályok ellenőrzése:

MSZ EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.5N) (NA8.2.)

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{ywk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{25}}{500} = 0,0008 < 0,001 \rightarrow \rho_{w,min} = 0,001 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.4)}$$

$$\rho_w = \frac{A_{s,w}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{1,01}{15 \cdot 30,0 \cdot \sin 90,00^\circ} = 0,002234 = 2,234 \text{ ‰} > \rho_{w,min} = 1,000 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

$$s_{clear,min} = \max(k_1 \cdot \phi_w ; 0,016 ; k_3) = \max(1 \cdot 0,8 ; 0,016 ; 2) = 2,1 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 8.2. (2)}$$

$$s_{clear} = s - \phi_w = 15 - 0,8 = 14,2 \text{ cm} > s_{clear,min} = 2,1 \text{ cm} \quad \checkmark$$

$$s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 45,9 \cdot (1 + \cot 90,00^\circ) = 34,43 \text{ cm} < 1,5 \cdot b_w = 1,5 \cdot 30,0 = 45,0 \text{ cm}$$

$$s_{l,max} = 34,43 \text{ cm} > 30 \text{ cm} \rightarrow s_{l,max} = 30 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 9.2.2.1. (6) (9.6N)}$$

$$s = 15 \text{ cm} < s_{l,max} = 30 \text{ cm} \quad \checkmark$$

A legnagyobb nyírási teherbírás tervezési értéke: MSZ EN 1992-1-1 (6.9)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot 0,4131 \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{1 \cdot 30,0 \cdot 0,4131 \cdot 0,6 \cdot 1,6667 \cdot 10^4}{\cot 45,00^\circ + \tan 45,00^\circ} = 620 \text{ kN}$$

A csavarónyomatéki teherbírás tervezési értéke a ferde nyomott betonzónák teherbírása alapján:

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{efl} \cdot \sin \Theta \cdot \cos \Theta = 2 \cdot 0,54 \cdot 1 \cdot 1,6667 \cdot 10^4 \cdot 0,084 \cdot 0,094 \cdot \sin 45,00^\circ \cdot \cos 45,00^\circ = 71 \text{ kNm}$$

MSZ EN 1992-1-1 (6.30)

A ferde nyomott betonzónák kihasználtsága: MSZ EN 1992-1-1 (6.29)

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{8,91}{71} + \frac{65,00}{620} = 0,2309 \leq 1 \quad \text{megfelel}$$

A ferde nyomott betonzónák teherbírása elégséges.

1.3. Csavarási hosszvasalás

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 7,150 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: **[1,35*Önsúly+1,35*Rétegrend+Emelet] {1,5*Hasznos teher} (1,5*0,6*Szél [Földszint] Y+.S.P)**

Geometria

A keresztmetszet magassága: $h = 50,0 \text{ cm}$

A keresztmetszet szélessége: $b_w = 30,0 \text{ cm}$

Igénybevételek

$$M_{Ed} = 14,50 \text{ kNm} \quad T_{Ed} = 8,91 \text{ kNm}$$

Vasalás számítása

A csavarás felvételéhez szükséges hosszirányú acélmennyiség keresztmetszeti területe:

$$\Sigma A_{sl} = \frac{|T_{Ed}|}{2 \cdot A_k} \cdot \cot \Theta \cdot \frac{u_k}{f_{yd}} = \frac{|8,9|}{2 \cdot 0,084} \cdot \cot 45,00^\circ \cdot \frac{1,2}{4,35 \cdot 10^5} = 0,00015 \text{ m}^2 = 1,50 \text{ cm}^2 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (6.28)}$$

A keresztmetszet sarkaiban elhelyezett hosszvasak egymástól mért távolsága:

$$z_B = b_w - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_w - \frac{\phi_{c,T} + \phi_{c,B}}{2 \cdot 2} = 0,3 - 2 \cdot 0,025 - 2 \cdot 0,008 - \frac{0,016 + 0,016}{2 \cdot 2} = 0,23 \text{ m}$$

$$z_H = h - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_w - \frac{\phi_{c,T} + \phi_{c,B}}{2 \cdot 2} = 0,5 - 2 \cdot 0,025 - 2 \cdot 0,008 - \frac{0,016 + 0,016}{2 \cdot 2} = 0,43 \text{ m} > 0,35 \text{ m} \quad !!$$

Oldalsó csavarási vasalás

Hosszirányú csavarási acélbetéteket kell elhelyezni a kengyelek belső kerülete mentén egyenletesen elosztva, egymástól legfeljebb 350 mm távolságban. EN 1992-1-1 9.2.3. (4)

$$n_{\phi,T} = \frac{z_H}{0,35} - 1 = \frac{0,43}{0,35} - 1 = 0,217 \rightarrow n_{\phi,T} = 1 \text{ db}$$

A csavarás felvételéhez szükséges fajlagos hosszirányú acélmennyiség:

$$a_{sl,T} = \frac{\Sigma A_{sl}}{2 \cdot (z_B + z_H)} = \frac{0,00015}{2 \cdot (0,23 + 0,43)} = 0,00011 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$2,4452 \cdot 10^{-5} < A_{\phi,T} = 0,00011 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

Oldalsó csavarási vasalás (összesen): $2 \cdot n_{\phi,T} = 2 \cdot 1 = 2 \quad \varnothing 12 \text{ mm} (0,00023 \text{ m}^2)$

A hosszirányú csavarási vasalás keresztmetszeti területe a húzott illetve nyomott övben:

$$\Delta A_{s,l,T} = \frac{\Sigma A_{sl} - \frac{2 \cdot a_{sl,T} \cdot z_H}{n_{\phi,T} + 1}}{2} = \frac{0,00015 - \frac{2 \cdot 0,00011 \cdot 0,43}{1 + 1}}{2} = 5,0396 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 = 0,50 \text{ cm}^2$$

Csavarási hosszvasalás (összesen):

$$\Sigma A_{sl,prov} = 2 \cdot n_{\phi,T} \cdot A_{\phi,T} + 2 \cdot \Delta A_{s,l,T} = 2 \cdot 1 \cdot 0,00011 + 2 \cdot 5,0396 \cdot 10^{-5} = 0,00033 \text{ m}^2 > \Sigma A_{sl} = 0,00015 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

10.6.4. Használhatósági számítás

Az alábbi számítást AxisVM szoftver segítségével végeztem.

Vasbeton gerenda

Szerkezeti elemek: 25, 6, 24

Szabvány: **Eurocode-H**

Tehereset: **lineáris, (SLS Kváziállandó) Mértékadó**

Anyagok

Beton: **C25/30** ($f_{ck} = 25$ MPa)

Betonacél:

Hosszvasalás: **B500A** ($f_{yk} = 500$ MPa)

Kengyel: **B500A** ($f_{ywk} = 500$ MPa)

Kúszási tényező: $\varphi(\infty, t_0) = 2$ [MSZ EN 1992-1-13.1.7. \(2\)](#)

Vasalási paraméterek megadása

Betonfedések: $c = 2,5$ cm

Felső hosszvasalás: $\phi_T = 16$ mm ($A_{\phi,T} = 2,01$ cm²)

Alsó hosszvasalás: $\phi_B = 16$ mm ($A_{\phi,B} = 2,01$ cm²)

Felső sarokvasak: $\phi_{c,T} = 16$ mm ($A_{\phi,c,T} = 2,01$ cm²)

Alsó sarokvasak: $\phi_{c,B} = 16$ mm ($A_{\phi,c,B} = 2,01$ cm²)

Oldalsó csavarási vasalás: $\phi_T = 12$ mm ($A_{\phi,T} = 1,13$ cm²)

Kengyelátmérő: $\phi_w = 8$ mm ($A_{\phi,w} = 0,50$ cm²)

Szárok száma: $n_{\phi,w} = 2$ db

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge: $\Theta = 45,00^\circ$ ($\cot \Theta = 1$)

Vaspozíció:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 2,5 + 0,8 + \frac{1,6}{2} = 4,1 \text{ cm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 2,5 + 0,8 + \frac{1,6}{2} = 4,1 \text{ cm}$$

$$a_{c,T} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 2,5 + 0,8 + \frac{1,6}{2} = 4,1 \text{ cm}$$

$$a_{c,B} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 2,5 + 0,8 + \frac{1,6}{2} = 4,1 \text{ cm}$$

2. SLS (használhatósági határállapot)

Tervezési paraméterekTervezési állapot: **SLS (használhatósági határállapot)**

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 25}{1} = 25 \text{ MPa} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 = 5 \cdot 10^5 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

2.1. Repedéstágasság ellenőrzése**Paraméterek** MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (2)**2.1.1 Felső maximális repedéstágasság**A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s_{pos}} = 7,275 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [Önsúly+Rétégrend+Emelet] {0,3*Hasznos teher}

Igénybevételek

$$M_{Ed} = 10,18 \text{ kNm}$$

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 50,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 30,0 \text{ cm}$

Hosszvasalás:

Felső vasalás: $4\phi 16 \quad (8,04 \text{ cm}^2)$ Alsó vasalás: $3\phi 16 \quad (6,03 \text{ cm}^2)$

A betonkeresztmetszet területe:

$$A_c = b_w \cdot h = 30,0 \cdot 50,0 = 1500 \text{ cm}^2$$

A betonkeresztmetszet súlypontjának távolsága a beton felső szélétől:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{37500}{1500} = 25 \text{ cm}$$

Repedésmentes keresztmetszet (I. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől repedésmentes állapotban:

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{37500 + 393,88 \cdot (6,3541 - 1)}{1500 + 14,07 \cdot (6,3541 - 1)} = 25,14 \text{ cm}$$

A repedésmentes betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 312531 + 45524,1 \cdot (6,3541 - 1) = 556271 \text{ cm}^4$$

A repesztő nyomaték:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,0056}{0,5 - 0,25} \cdot 2565 = 57,40 \text{ kNm} > M_{Ed} = 10,18 \text{ kNm} \quad \text{A gerenda repedésmentes.}$$

2.1.2 Alsó maximális repedéstágasság

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c s_{pos} = 3,830 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [Önsúly+Rétengrend+Emelet] {0,3*Hasznos teher}

Igénybevételek

$$M_{Ed} = 61,57 \text{ kNm}$$

Geometria

A keresztmetszet magassága: $h = 50,0 \text{ cm}$

A keresztmetszet szélessége: $b_w = 30,0 \text{ cm}$

Hosszvasalás:

Felső vasalás: $3\phi 16 \quad (6,03 \text{ cm}^2)$

Alsó vasalás: $3\phi 16 \quad (6,03 \text{ cm}^2)$

A betonkeresztmetszet területe:

$$A_c = b_w \cdot h = 30,0 \cdot 50,0 = 1500 \text{ cm}^2$$

A betonkeresztmetszet súlypontjának távolsága a beton felső szélétől:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{37500}{1500} = 25 \text{ cm}$$

Repedésmentes keresztmetszet (I. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől repedésmentes állapotban:

$$x_I = \frac{S_{x,c} + S_{x,s} \cdot (\alpha_e - 1)}{A_c + \Sigma A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = \frac{37500 + 301,59 \cdot (6,3541 - 1)}{1500 + 12,06 \cdot (6,3541 - 1)} = 25 \text{ cm}$$

A repedésmentes betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_I = I_{I,c} + I_{I,s} \cdot (\alpha_e - 1) = 312500 + 35428,8 \cdot (6,3541 - 1) = 502189 \text{ cm}^4$$

A repesztő nyomaték:

$$M_{cr} = \frac{I_I}{h - x_I} \cdot f_{ct,eff} = \frac{0,005}{0,5 - 0,25} \cdot 2565 = 51,52 \text{ kNm} < M_{Ed} = 61,57 \text{ kNm} \quad \text{A gerenda bereped.}$$

Berepedt rugalmas keresztmetszet (II. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől berepedt rugalmas állapotban:

$$x_{II} = \frac{\frac{b_w \cdot x_{II}^2}{2} + S_{x_{s,t}} \cdot \alpha_e + S_{x_{s,c}} \cdot (\alpha_e - 1)}{b_w \cdot x_{II} + \Sigma A_{s,t} \cdot \alpha_e + \Sigma A_{s,c} \cdot (\alpha_e - 1)} \rightarrow x_{II1} = 9,12 \text{ cm} ; x_{II2} = -13,83 \text{ cm}$$

A berepedt rugalmas betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{II} = I_{II,c} + I_{II,st} \cdot \alpha_e + I_{II,sc} \cdot (\alpha_e - 1) = 7584,98 + 8159,8 \cdot 6,3541 + 151,993 \cdot (6,3541 - 1) = 60246,8 \text{ cm}^4$$

A nyomatéki ellenállás rugalmas berepedt állapotban:

$$M_{Rd,II} = \frac{I_{II}}{x_{II}} \cdot E_{cm} \cdot \varepsilon_{c,max} = \frac{0,0006}{0,091} \cdot 3,1476 \cdot 10^7 \cdot 0,00061988 = 128,90 \text{ kNm} > M_{Ed} = 61,57 \text{ kNm} \quad A$$

keresztmetszet rugalmas állapotban van.

Hosszvasalás betonfedése:

$$c_\phi = c_B + \phi_w = 2,5 + 0,8 = 3,3 \text{ cm}$$

A tapadásos acélbetétek távolsága a húzott zónában:

$$s_{br,tz} = \frac{b_w - c_L - c_R + 2 \cdot \phi_w - \phi_{cB}}{n_1 - 1} = \frac{30,0 - 2,5 - 2,5 + 2 \cdot 0,8 - 16}{3 - 1} = 12,5 \text{ cm}$$

$$s_{br,tz} = 12,5 \text{ cm} < 5 \cdot \left(c_\phi + \frac{\phi_{eq}}{2} \right) = 5 \cdot \left(3,3 + \frac{1,6}{2} \right) = 20,5 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (3)}$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot c_\phi + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 3,3 + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 1,6}{0,019616} = 25,09 \text{ cm} = 250,86 \text{ mm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1}$$

7.3.4. (7.11)

A húzott vasalásban fellépő feszültség berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva:

$$\sigma_s = \frac{\alpha_e \cdot M_{Ed}}{I_{II}} \cdot (d - x_{II}) = \frac{6,3541 \cdot 61,57}{60246,8} \cdot (45,9 - 9,12) = 2,3885 \cdot 10^5 \text{ kPa}$$

A húzott vasalás átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{2 \cdot 10^8} = \frac{2,3885 \cdot 10^5 - \frac{0,4 \cdot 2565}{0,019616}}{2 \cdot 10^8} = 0,00093272$$

A beton átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{cm} = \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{cm}} = \frac{0,4 \cdot 2565}{3,1476 \cdot 10^7} = 3,2596 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta \varepsilon_{(sm,cm)} = \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00093272 - 3,2596 \cdot 10^{-5} = 0,00090012 > \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{2 \cdot 10^8} = \frac{0,6 \cdot 2,3885 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^8} = 0,00071654 =$$

$$= 0,900 \text{ ‰} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.9)}$$

A repedéstágasság: [MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. \(7.8\)](#)

$$w_k = S_{r,max} \cdot \Delta \varepsilon_{(sm,cm)} = 250,86 \cdot 0,00090012 = 0,23 \text{ mm} < w_{max} = 0,30 \text{ mm} \text{ megfelel}$$

2.2. Lehajlás

Paraméterek

Eredmények összefoglalása

1. mező :

Támaszköz: $l_0 = 6,900 \text{ m}$

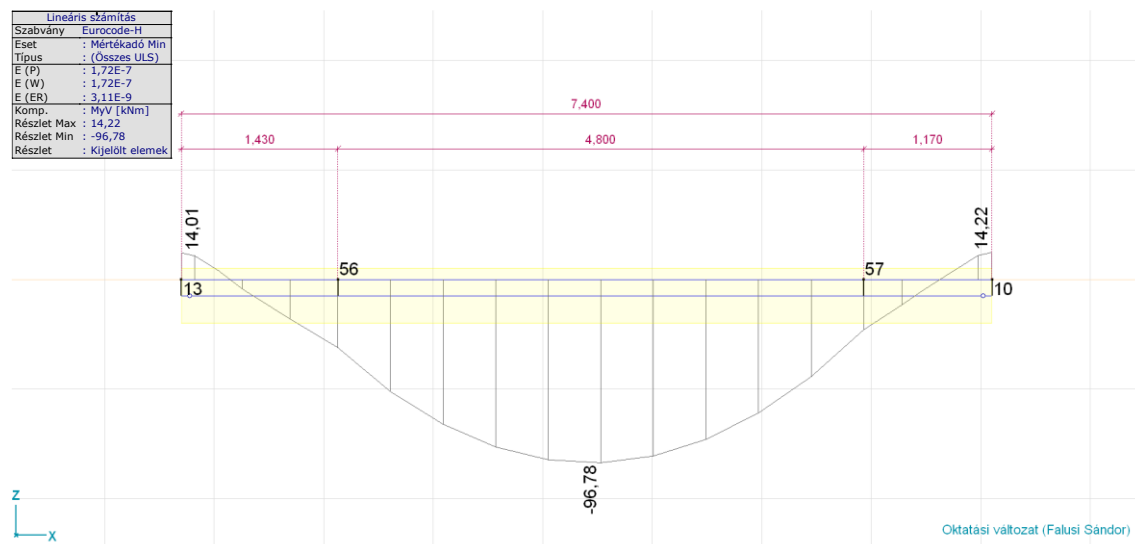
Tehereset/Teherkombináció: [Önsúly+Rétengred+Emelet] {0,3*Hasznos teher}

	bal támasz	Mező			jobb támasz
	jobb szél	nyomatéki nullpont	max	nyomatéki nullpont	bal szél
Táv [m]	0,250	0,481	3,830	6,907	7,150
l_0 [m]	6,900				
Hosszvasalás felül	4 ϕ 16		3 ϕ 16		4 ϕ 16
Hosszvasalás alul	3 ϕ 16		3 ϕ 16		3 ϕ 16
I_c [cm ⁴]	312500		312500		312500
I_I [cm ⁴]	423215		407680		423215
I_{II} [cm ⁴]	193031		154931		193031
M_{cr} [kNm]	44,19		41,83		44,19
$M_{Rd,II}$ [kNm]	165,16		125,23		165,16
M [kNm]	8,64		- 61,57		8,88
ζ	0		0,76926	0	
α_I	2,2152		2,2996	2,2152	
α_{II}	4,8567		6,0511	4,8567	
α	2,2152		5,1855	2,2152	
e_0 [mm]	0,475 (↓)	0,635 (↓)	2,144 (↓)	0,625 (↓)	0,453 (↓)
$e_{0,rel}$ [mm]	0	0	1,514 (↓)	0	0
e_{abs} [mm]	0,475 (↓)	0,831 (↓)	8,684 (↓)	0,833 (↓)	0,453 (↓)

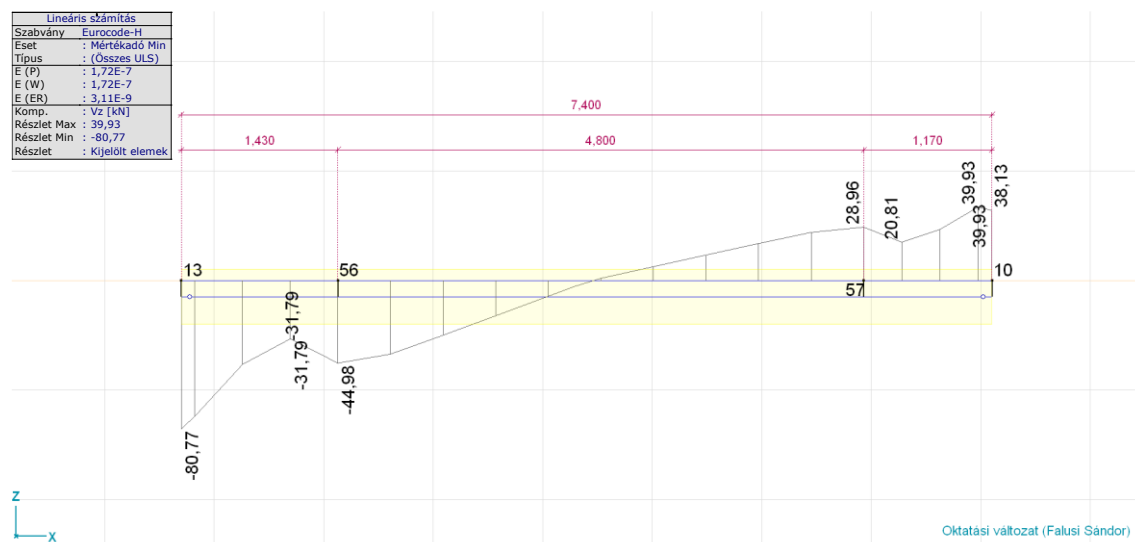
10.7. G1 monolit vasbeton gerenda ellenőrzése kézi számítással

Kézi számításhoz szükséges kiindulási igénybevételi adatokat AxisVM szoftverből nyertem igénybevételi ábrák generálásával.

A számítást MS Excel szoftver segítségével végeztem.



31. ábra. G-1 jelű gerenda, számított kengyel vasalás, Forrás: AxisVM



32. ábra. G-1 jelű gerenda, számított kengyel vasalás, Forrás: AxisVM

Gerenda méretezése		
Gerenda méretei:		
h=	50	cm
b=	30	cm
Falköz:	710	cm
Teljes hossz:	760	cm
Elméleti támaszköz:	735	cm
Igénybevételek		
Nyírási igénybegétel ULS határállapotban AxisVM szoftverből $V_{Ed} =$	80,77	kN
Nyomatéki igénybegétel ULS határállapotban AxisVM szoftverből $M_{Ed} =$	96,78	kNm

Vasalási paraméterek		
betonfedés:	25	mm
kengyelátmérő:	8	mm
fővas átmérője:	16	mm

Anyagminőségek		
Beton	C25/30	
fcd=	16,67	Mpa
Betonacél	B500B	
f _{yd} =	435	kN/mm ²

Ellenőrzés hajlításra		
h=	500	mm
b=	300	mm
a=	41	mm
d=	459	mm

Alsó fővasak száma:		
n=	3	db
As=	603,19	mm ²
Nyomott zóna magassága		
xc=	52,47	mm
kszi c0=	0,11	
határérték=	0,49	
OK		

Nyomatéki ellenállás		
MRd=	113551836	Nmm
MRd=	113,55	kNm
Kihasználtság:	85%	
MEGFELELT		

Elfér-e egymás mellett?		
Vasak közti távolság:	21	mm
b szükséges:	156	mm

Ellenőrzés nyírásra		
V _{Ed} =	80,77	kN
A _{sw} =	100,53	mm ²
s=	100	mm
V _{Rds} (100)=	180,65	kN
kih.=	45%	
s=	150	mm
V _{Rds} (150)=	120,44	kN
s=	300	mm
V _{Rds} (300)=	60,22	kN

10.8. G2 monolit vasbeton gerenda tervezése

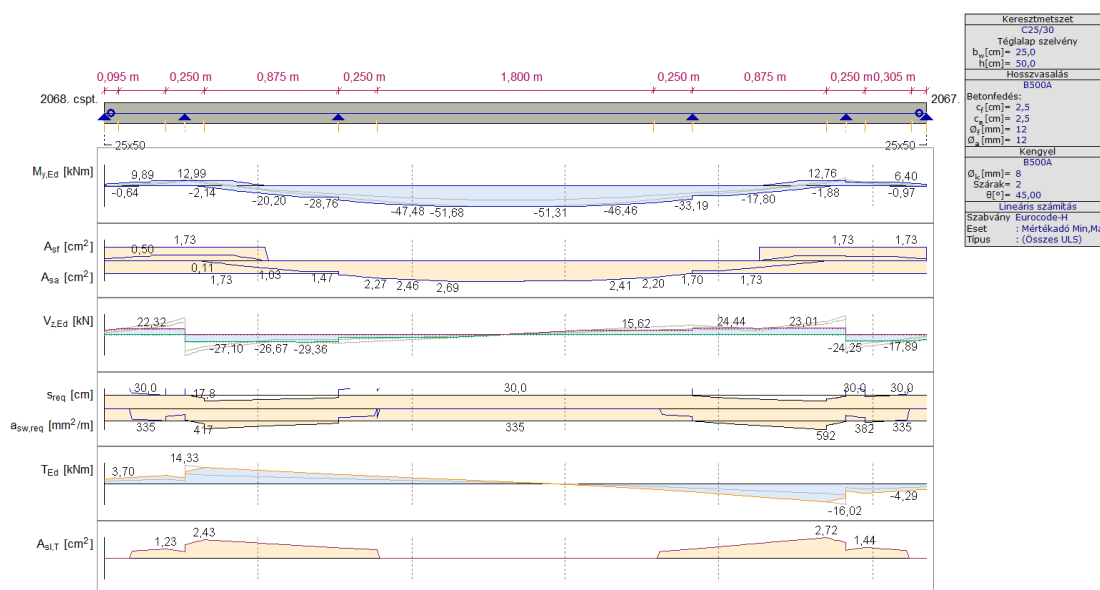
10.8.1. Geometria

A garázkapu nyílaskiváltójául szolgáló $L=5,35$ m támaszközü vasbeton gerenda magasságát a falnyílás magassága alapján $h=50$ cm magasságban határoztam meg. Szélességét koszorú keresztmetszete alapján $b=25$ cm-re vettem fel.

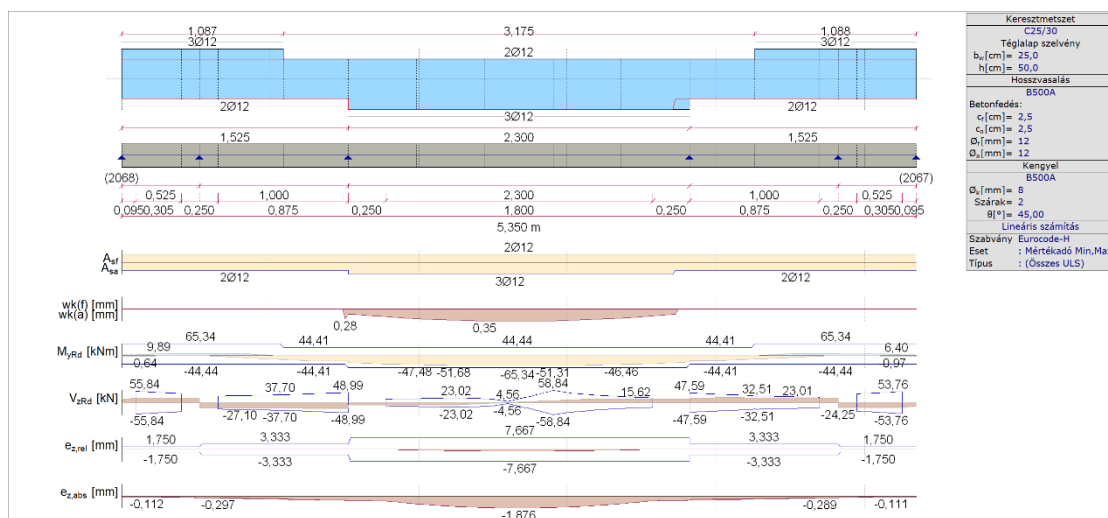
10.8.2. Tervezés

A gerenda vasalás számítását jelen dokumentumban nem részletezem, mivel a G-1 gerenda számítása mintájára készült azonos vizsgálatok végzésével, azonos szoftver alkalmazásával.

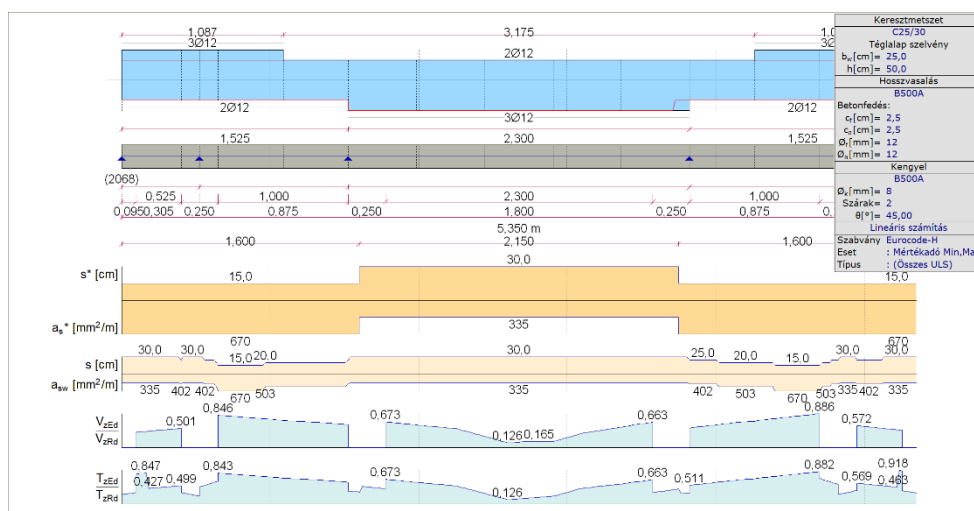
Az eredménykimutatást ábrákon prezentálom.



33. ábra. G-2 jelű gerenda ULS igénybevételi ábra, Forrás: AxisVM



34. ábra. G-2 jelű gerenda, számított hosszvasalás, Forrás: AxisVM



35. ábra. G-2 jelű gerenda, számított kengyel vasalás, Forrás: AxisVM

11. Földszint feletti födém

11.1. Geometria

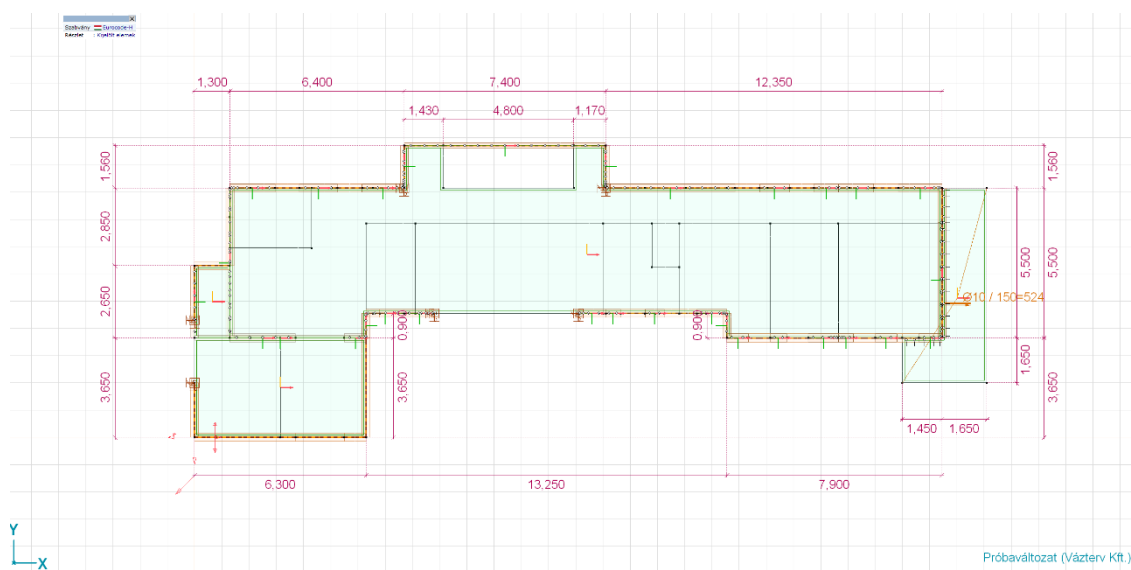
A pinceszint felett változó síkokban monolit együttdolgozó monolit vasbeton födémek kerülnek kialakításra. Az emeleti lakórész alatt +2,70 m aló síkkal, míg az emeleti zöldtetős és járható terasz alatt +2,40 m alsó síkkal készül. A szintugrásra a terasz jelentősen vastagabb rétegrendje miatt van szükség.

A két födémszakasz között 6,50 m fesztávon rejtett vasbeton gerenda készül G-4 jelöléssel, melyet hagyományos végeselemes gerenda tervezési módszerekkel nem lehet tervezni. Ezt a gerenda alpontjában részletezem.

A födém a zsaluköves rendszerű bennmaradó zsaluzatú vasbeton falra támaszkodik. A szerkezetek közötti együttdolgozást monolit vasbeton koszorú biztosítja, mely az épület teljes körvonalán fut.

A lépcsőház területén jelentős méretű födémkivágás található, melyet G-1 jelű vasbeton gerendával erősítettem meg. Ez a gerenda azonos a pince feletti födém G-1 gerendájával.

Az üzlethelyiség kirakati nyílászárója G-3-as jellel, a földszinti teraszrész nyílászárói felett G-5 jellel készülnek vasbeton gerendák.



36. ábra. Földszint feletti födém geometria. Forrás: AxisVM

11.2. Terhek

A szerkezet önsúlyát AxisVM szoftver segítségével kalkuláltam.

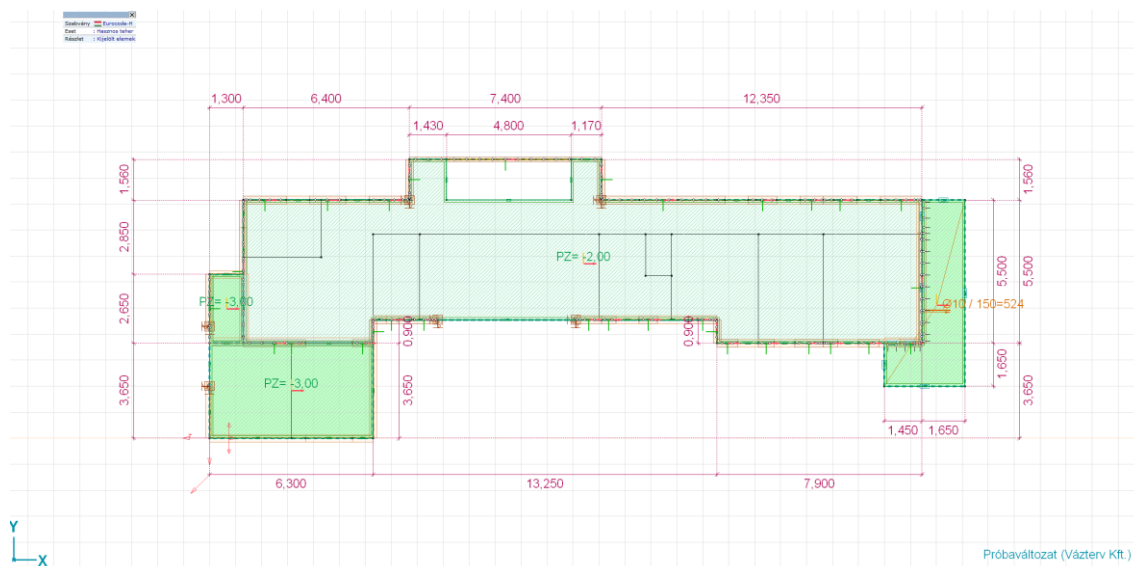
A teherfelvétel során figyelembe vettem a rétegrendi terheket, melyet függőleges szerkezetek esetén vonal menti teherként helyeztem be szerkezeti tengelyvonalban.

A felsőbb szintekről átadódó terheket állandó teherként 1-es biztonsági tényezővel helyeztem el a vasbeton falakra terhelve, falszakaszonként a felsőbb szintek vonalmenti támaszainak átlagos reakcióerőit figyelembe véve. A terasznál és erkélynél a lemez külső szélére 1,00 kN/m terhet számoltam a korlátok terhének.

Az emeleten a beltéri alapterületen a lakóépületekre vonatkozó 2,00 kN/m² terhet határoztam meg hasznos teherként. Az üzlethelyiség feletti terasz részen és a konzolos erkélyen 3,00 kN/m² hasznos terhet vettem figyelembe.

A vasbeton falak és erősítő pillérek vizsgálata céljából a statikai modellem a teljes vizsgált szintet magába foglalja, így a falakra a megfelelő szélterheket fel tudtam helyezni a tervező szoftver segítségével.

A hőteher a terasz és erkély szempontjából nem mértékadó, ugyanis ezeknek a tereknek a hasznos terhével a hőteher nem lehet egyidejű.



37. ábra. Földszint feletti földem hasznos terhei. Forrás: AxisVM



38. ábra. Földszint feletti földem állandó terhei. Forrás: AxisVM

11.3. Vasalás meghatározása

Az földszint feletti földem vasalási igényét a tervező szoftver segítségével határoztam meg.

Első lépésként a lemez vasalhatóságát kellett megállapítani.

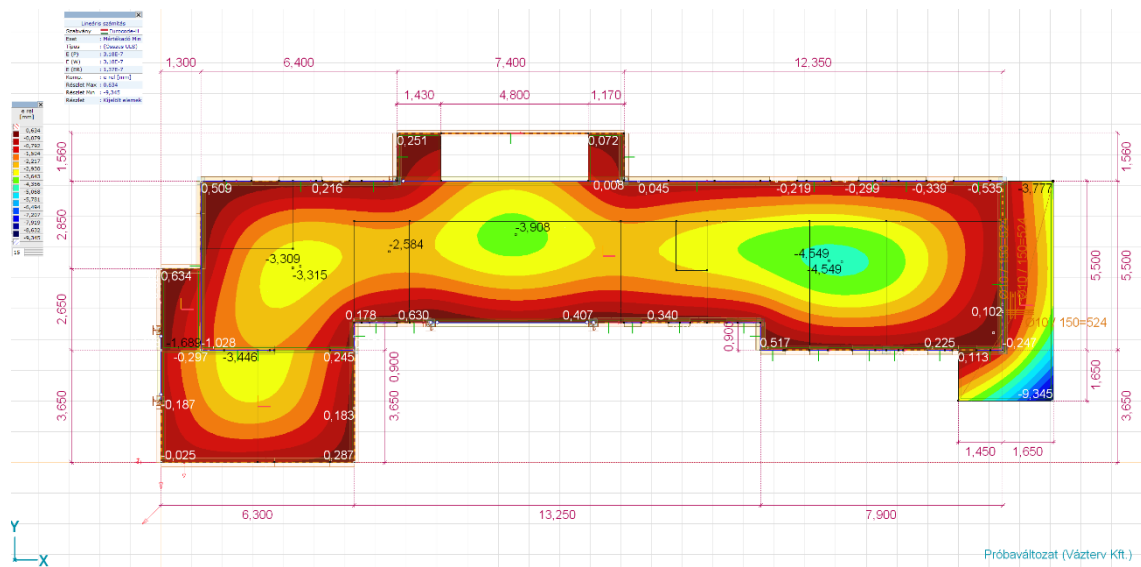
Minimális szükséges keresztmetszet: $A_{s,min} = 240 \text{ mm}^2/\text{m}$, melyet a választott alapháló ($A_s = 524 \text{ mm}^2/\text{m}$) kielégít.

Maximális lehetséges keresztmetszet: $A_{s,max} = 8\,000 \text{ mm}^2/\text{m}$, mely többszörösen meghaladja a kalkulált betonacél keresztmetszet igényt.

Ezek alapján megállapítottam, hogy a lemez vasalásának tervezése megoldható.

A lemez függőleges elmozdulásai alapján számított betonacél szükséglet meghatározása a következő lépés.

Az épület hosszanti iránya a modell szerinti X tengely iránya, a kereszt irány az Y.

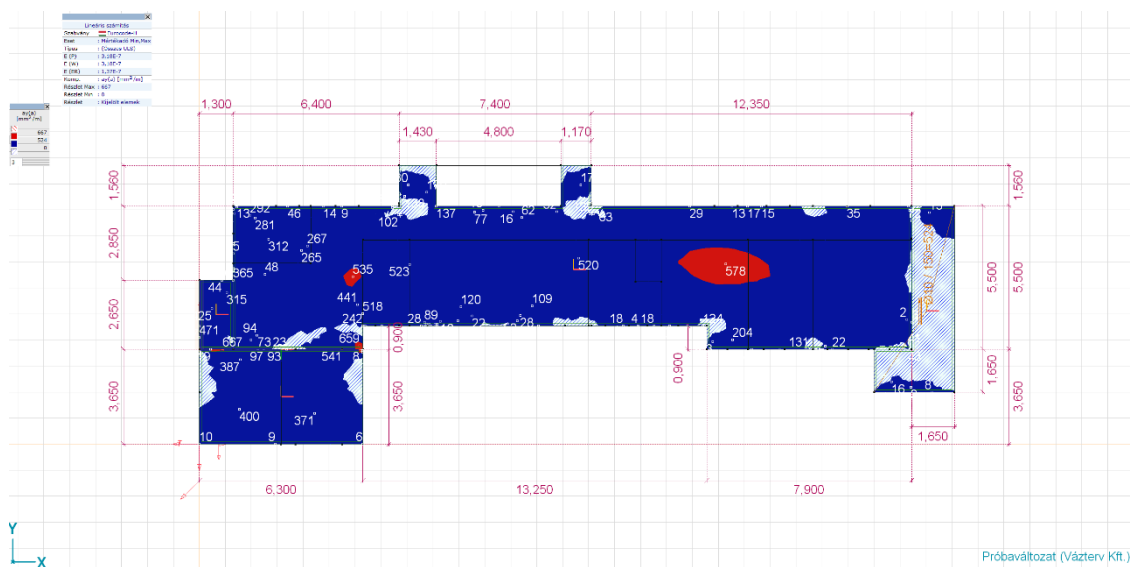
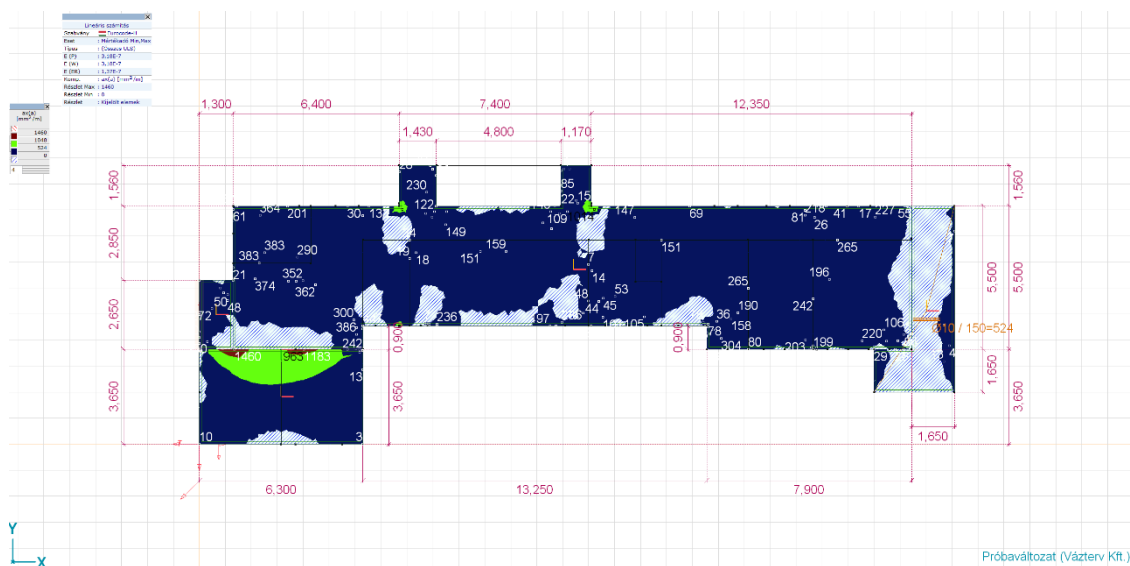


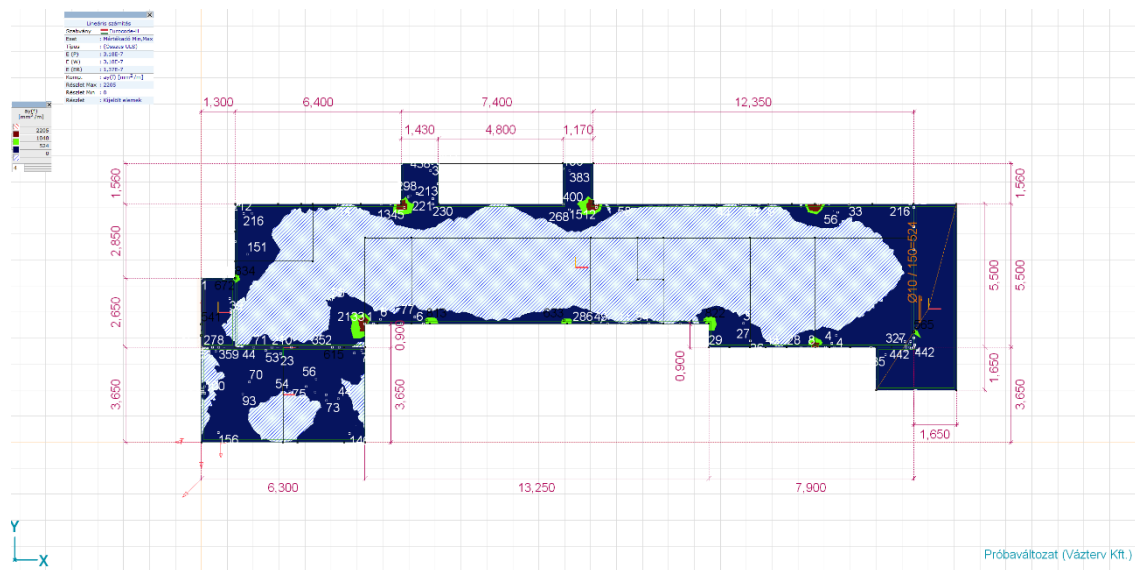
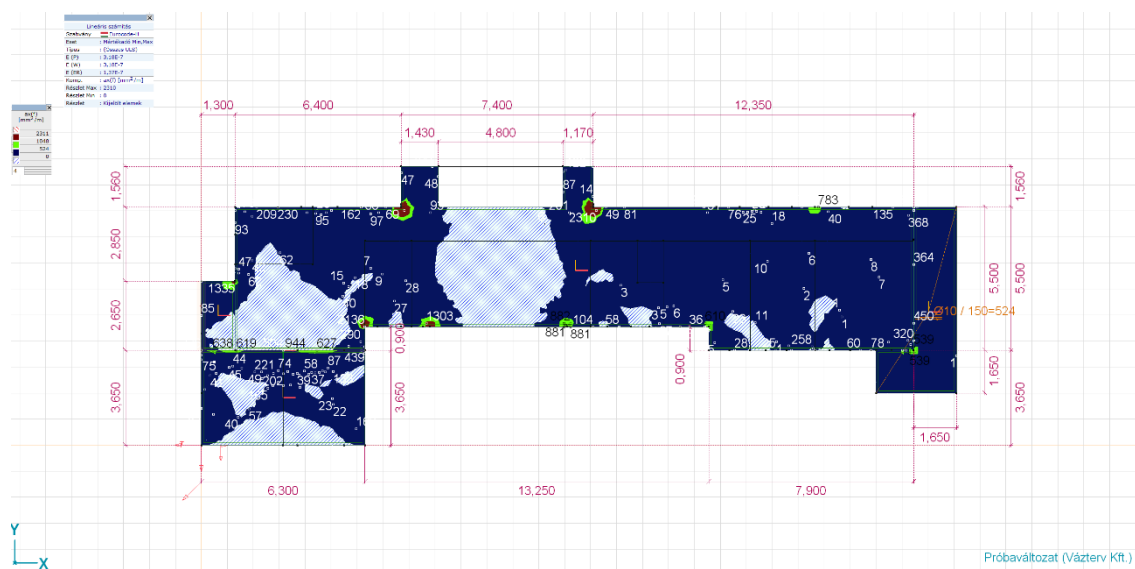
39. ábra. Földszint feletti földem lehajlása ULS határállapotban. Forrás: AxisVM

A tervezőszoftver vasbeton tervezési modulja segítségével kimutatást kértem a lemezalap vasalási igényét.

Az alaphálót alul és felül is $\varnothing 10/15/15$ helyszínen szerelt B500B betonacél hálónak határoztam meg, amit a szoftver által jelölt helyeken $\varnothing 10$ illetve $\varnothing 12$ kiegészítő vasalással sűrítettem. A pontos vaskiosztást kiviteli terven részleteztem. Teljes felületű felső hálót írtam elő, ugyanis a szoftver által előírt minimális vasmennyiségek elenyésző helyen voltak indokolatlanok.

Az erkély lemez esetében is teljes felületű betonacél hálót alkalmaztam, ugyanis a lemez L alakú kialakításából származó igénybevételek, valamint a Schöck hőhídmegszakító elemek hálóba kötése miatt szükségesnek ítéltam az alsó vashálót.

40. ábra. Földszint feletti födém vasigénye $a_y(a)$, Forrás: AxisVM41. ábra. Földszint feletti födém vasigénye $a_x(a)$, Forrás: AxisVM

42. ábra. Földszint feletti födém vasigénye $a_y(f)$, Forrás: AxisVM43. ábra. Földszint feletti födém vasigénye $a_x(f)$, Forrás: AxisVM

11.4. G-4 szintváltó gerenda tervezése

Mivel az üzlethelyiség fölötti födém részben kültéri zöld tetős teraszként funkcionál, így a rétegrendi helyigény miatt a födémbe szintváltó gerendát kellett kialakítani.

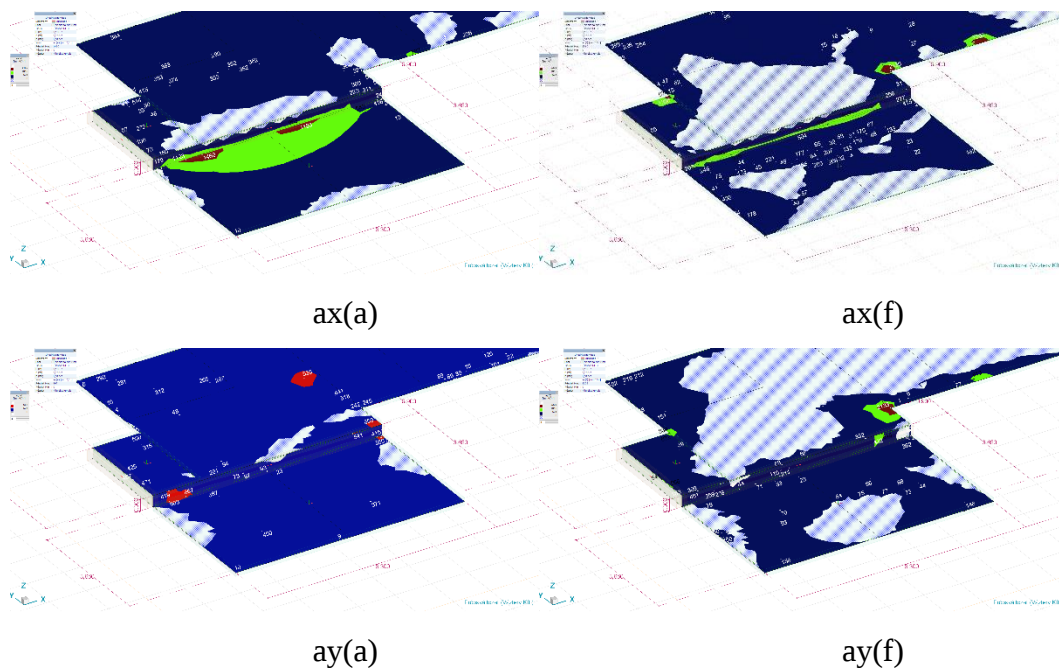
Ez a szerkezet rúdelemes gerendaként végeelemes szoftverben nem számítható, így felületelemként kellett modellezni. A gerenda húzott vasainak számítását a felületelem betonacél igényének kalkulációjából kézzel végeztem. A gerenda

tengelyiránya a felület elem X irányával egyezik, így az X irányú alsó és felső vasszükséglet legnagyobb értékeit összegeztem, majd ezt arányosítottam a gerenda szélességével. Ez alapján $2150 \text{ mm}^2/\text{m}$ a betonacél szükséglet 25 cm szélességben.

$$A_{s,\text{req}} = 538 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{prov}} = (3\phi 16) 603 \text{ mm}^2$$

Az Y irányú felületi betonacél szükségletet $\phi 8$ -as kengyelekkel elégítettem ki. A kengyelek kiosztásánál és geometriai kialakításánál figyelembe vettem, hogy a szerkezetben csavarási hatásoknak kell megfelelni, valamint, hogy a kapcsolódó lemezek háló vasalásához a szerkezetet be kell kötni. Ennek megfelelően a csavarási elosztó vasakat két helyen, a lemezek háló vasalásának magasságában osztottam el, $\phi 12$ -es átmérőt alkalmazva.



44. ábra. G-4 szintváltó gerenda vasigénye, Forrás: AxisVM

11.5. Átszűrődésvizsgálat

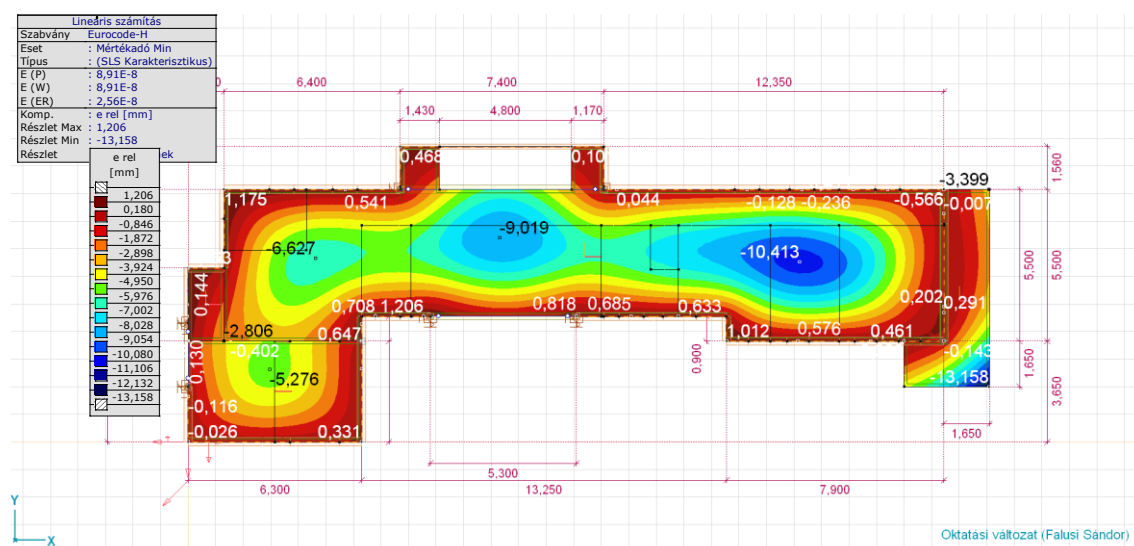
A födém kritikus pontjait, a konkáv falsarkokat, valamint az erkély konzolt vizsgáltam átszűrődésre a pince feletti födémmel azonos módon. A földszint feletti födém és erkély lemez is megfelelték átszűrődésre. Minden vizsgált esetben elegendő volt a beton ellenállása a nyírási hatásokra.

11.6. Lehajlásvizsgálat

A födémlehajlást az AxisVM szoftver elmozdulásvizsgálata alapján végeztem. A vizsgálathoz hosszútávú hatásokkal kalkulálva csökkentettem a vasbeton rugalmassági modulusát.

A főirányú fesztávok alapján meghatároztam a maximális megengedett lehajlást, amit $L/250$ képlettel kritikus helyeken $5500/250 = 22$ mm-ben, valamint $4600/250 = 18,4$ mm-ben állapítottam meg. Ezt összevettem SLS karakterisztikus határállapotban megállapított födémelmozdulásokkal. Az összehasonlítás alapján a szerkezet lehajlásra megfelel.

A konzolos erkélylemez a saroknál átlós irányban $L/150$ határértékkel szemben vizsgáltam, ahol 15mm megengedett lehajlással szemben 13 mm-es lehajlási értéket kaptam, így a legnagyobb lehajlási pontban is megfelelőnek találtam a szerkezetet.



45. ábra. Földszint feletti födém elmozdulásai SLS határállapotban,
hosszú távú vizsgálat Forrás: AxisVM

11.7. G3 monolit vasbeton gerenda tervezése

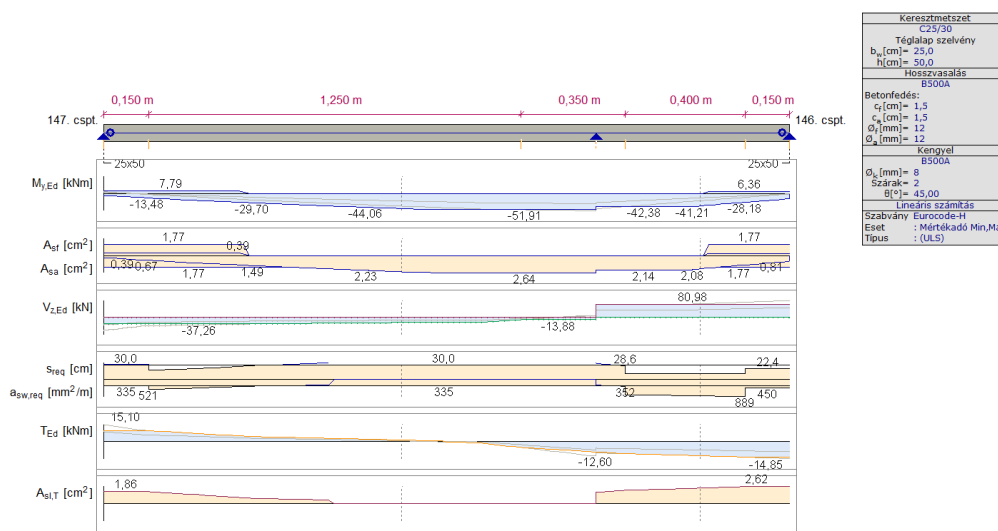
11.7.1. Geometria

Az üzlethelyiség kirakati ablakául szolgáló, valamint a szintváltó gerendát alátámasztandó, $L=2,3$ m támaszközü vasbeton gerenda magasságát a falnyílás magassága alapján $h=50$ cm magasságban határoztam meg. Szélességét koszorú keresztmetszete alapján $b=25$ cm-re vettem fel. Mivel a gerenda a szintváltó gerendánál található, ezért részben a koszorú alatt helyezkedik el. Itt egyedi kengyelekkel biztosítottam a koszorú és gerenda kapcsolatát, amit a kiviteli terveken prezentáltam.

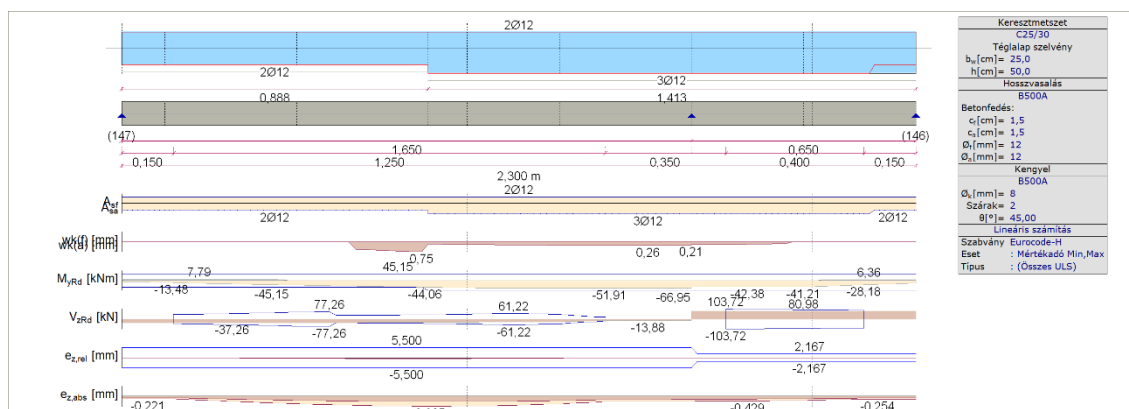
11.7.2. Tervezés

A gerenda vasalás számítását jelen dokumentumban nem részletezem, mivel a G-1 gerenda számítása mintájára készült azonos vizsgálatok végzésével, azonos szoftver alkalmazásával.

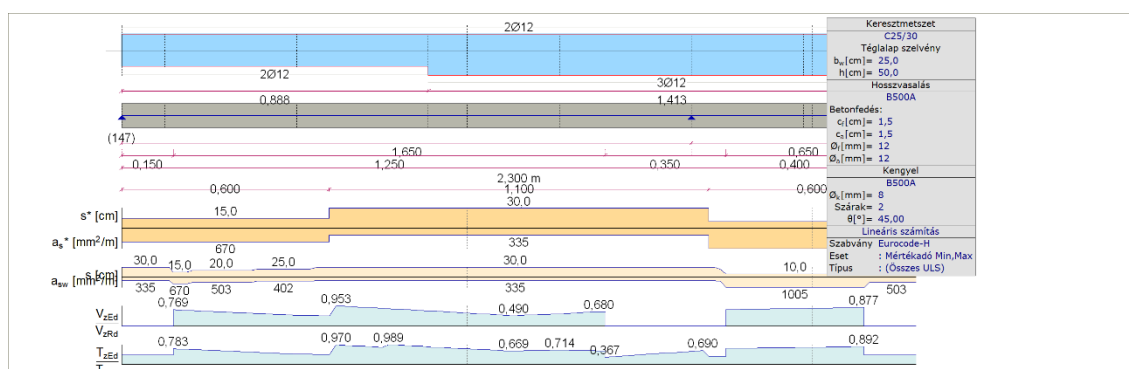
Az eredménykimutatást ábrákon prezentálom.



46. ábra. G-3 jelű gerenda ULS igénybevételi ábra, Forrás: AxisVM



47. ábra. G-3 jelű gerenda, számított hosszvasalás, Forrás: AxisVM



48. ábra. G-3 jelű gerenda, számított kengyel vasalás, Forrás: AxisVM

11.8. G5 monolit vasbeton gerenda tervezése

11.8.1. Geometria

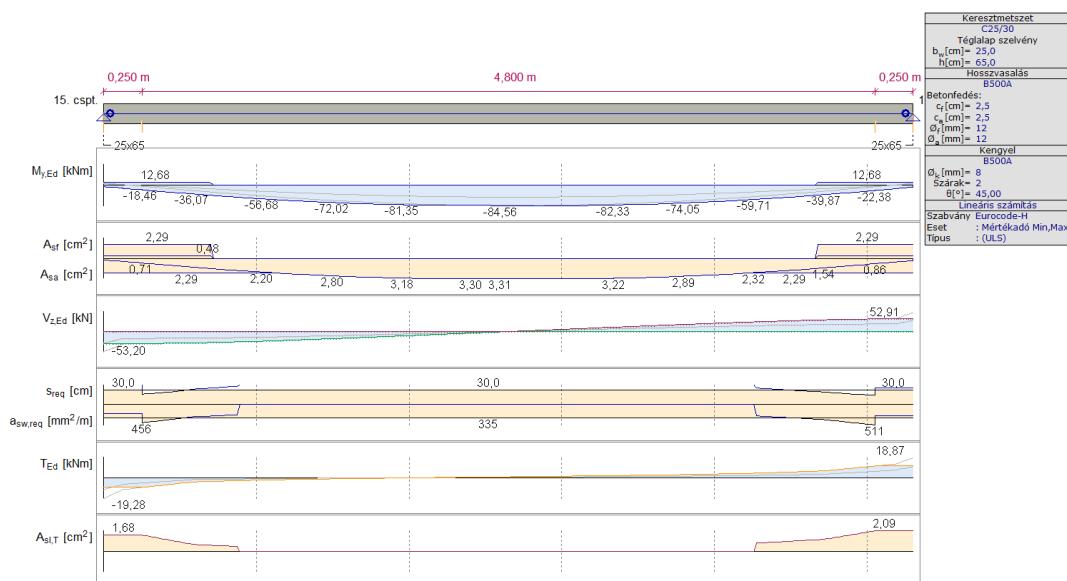
A földszinti lakás nagy fesztávú terasz szolgáló $L=5,30$ m támaszközü vasbeton gerenda magasságát a falnyílás magassága alapján $h=65\text{cm}$ magasságban határoztam meg. Szélességét koszorú keresztmetszete alapján $b=25\text{cm}$ -re vettem fel.

Az emeleti lakásnál ezzel a gerendával azonos kialakítású nyíláskiváltó gerenda található a zárófödém alátámasztása céljából.

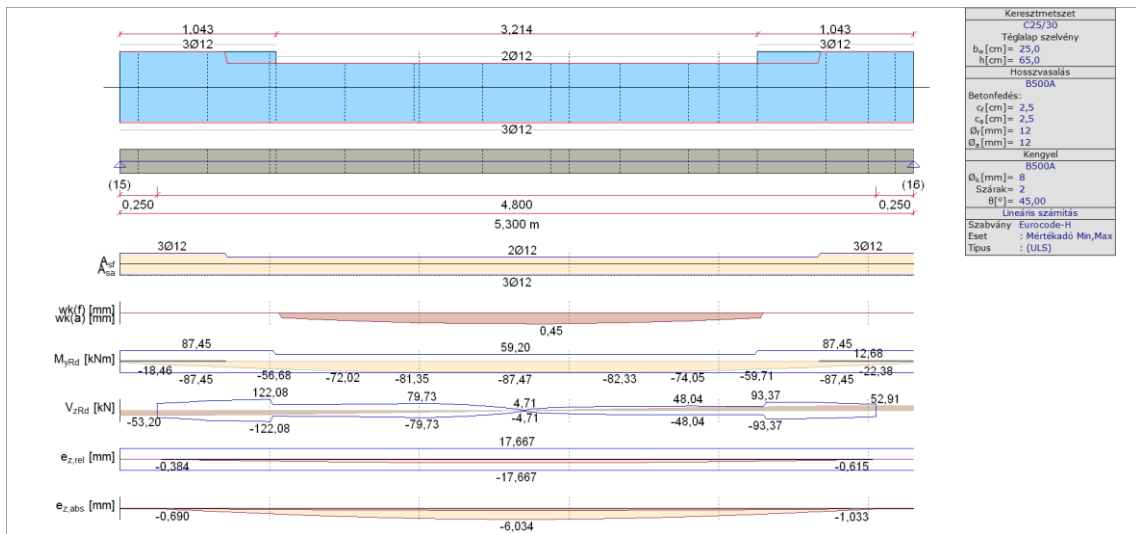
11.8.2. Tervezés

A gerenda vasalás számítását jelen dokumentumban nem részletezem, mivel a G-1 gerenda számítása mintájára készült azonos vizsgálatok végzésével, azonos szoftver alkalmazásával.

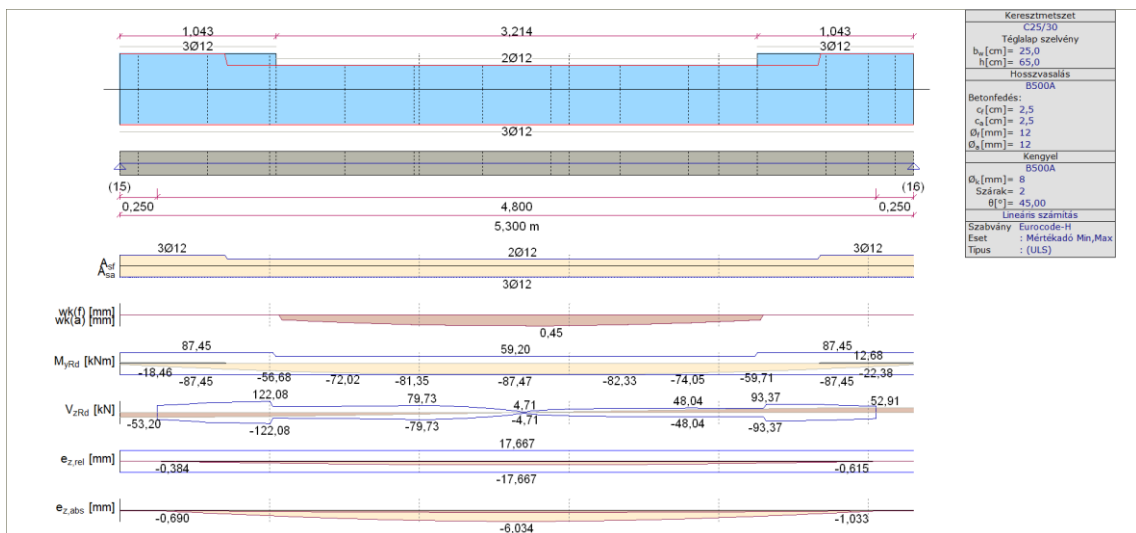
Az eredménykimutatást ábrákon prezentálom.



49. ábra. G-5 jelű gerenda ULS igénybevételi ábra, Forrás: AxisVM



50. ábra. G-5 jelű gerenda, számított hosszvasalás, Forrás: AxisVM

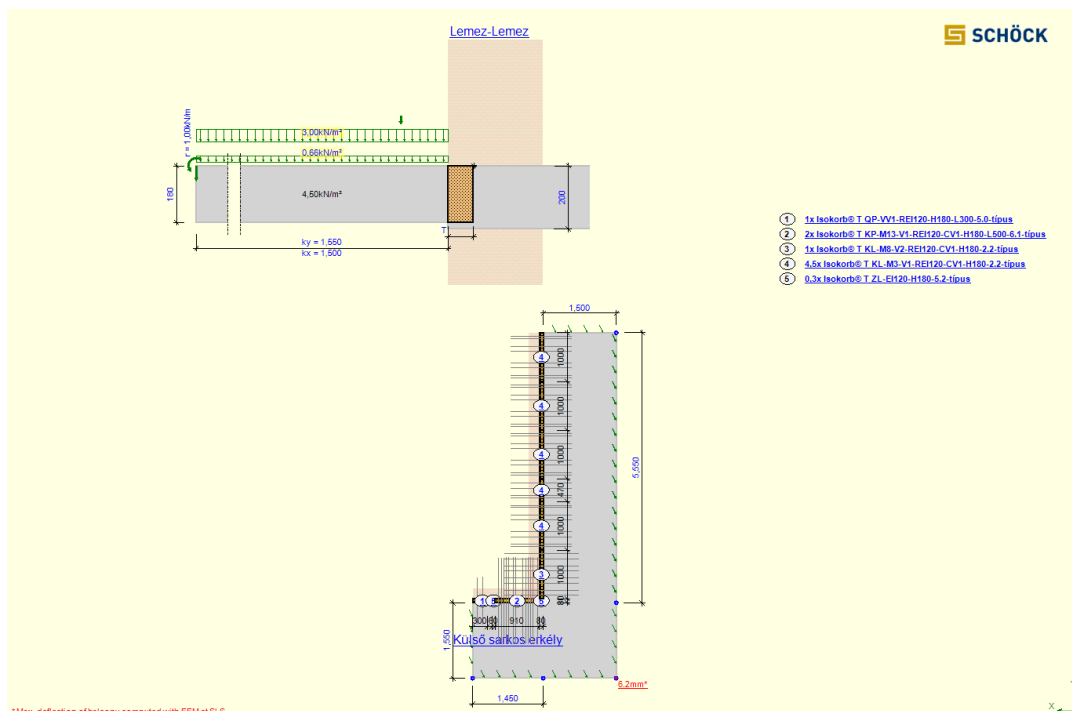


51. ábra. G-5 jelű gerenda, számított kengyel vasalás, Forrás: AxisVM

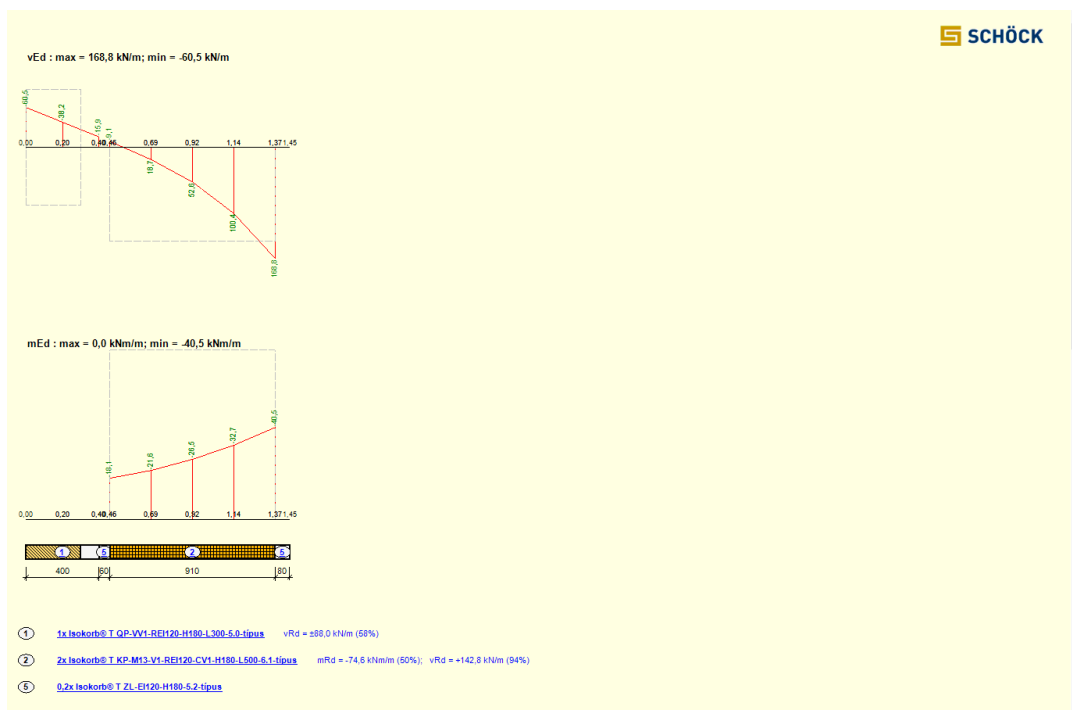
11.9. Erkélylemez hőhídmeгszakító elemeinek tervezése

Az erkélylemez hőhídmeгszakító elemeit Schöck méretező szoftver segítségével terveztem. A statikai modellemben az erkélylemez éleinél a csuklómerevségeket szintén Schöck specifikációk alapján határoztam meg.

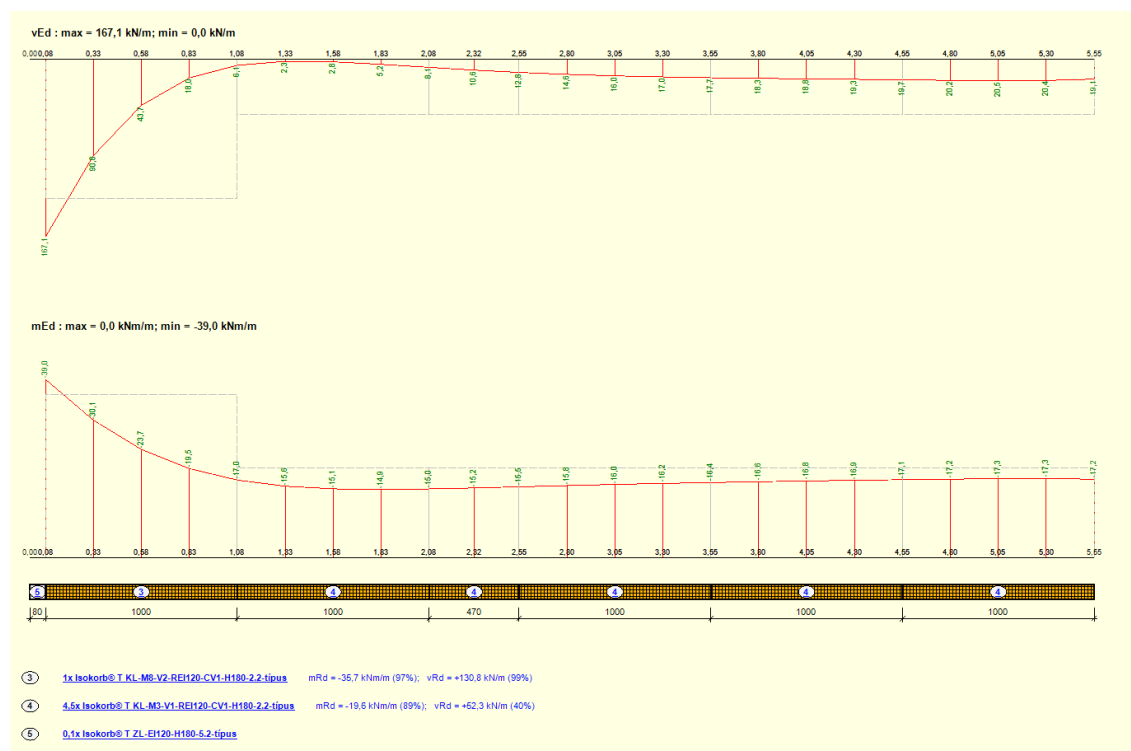
Beépítésük gyártói specifikációk alapján történik.



52. ábra. Hőhidmegszakító elemek tervezése,
Forrás: Schöck Isokorb® Type Concrete-Concrete szoftver



53. ábra. Erkélylemez rövid irányának igénybevételi ábrái, elemkiosztása
Forrás: Schöck Isokorb® Type Concrete-Concrete szoftver



54. ábra. Erkélylemez hosszú irányának igénybevételi ábrái, elemkiosztása

Forrás: Schöck Isokorb® Type Concrete-Concrete szoftver

A kimutatás alapján listázom a felhasználandó elemeket, és kihasználtságukat.

Isokorb® T QP-VV1-REI120-H180-L300-5.0-típus

Kihasználtság: VRd = ±26,4 kN(58%)

Isokorb® T KP-M13-V1-REI120-CV1-H180-L500-6.1-típus

Kihasználtság: MRd = -74,6 kNm(50%) VRd = +142,8 kN(94%)

Isokorb® T KL-M8-V2-REI120-CV1-H180-2.2-típus

Kihasználtság: MRd = -35,7 kNm(97%) VRd = +130,8 kN(99%)

Isokorb® T KL-M3-V1-REI120-CV1-H180-2.2-típus

Kihasználtság: MRd = -19,6 kNm(89%) VRd = +52,3 kN(40%)

Sarokelem: Isokorb® T ZL-EI120-H180-5.2-típus

12. Zárófödém

12.1. Geometria

Az épület középső traktusánál a lépcsőház feletti épületrészen zárófödém található. A födém egyik éle az emeleti lakás nagy fesztávú nyílászárója felett található,

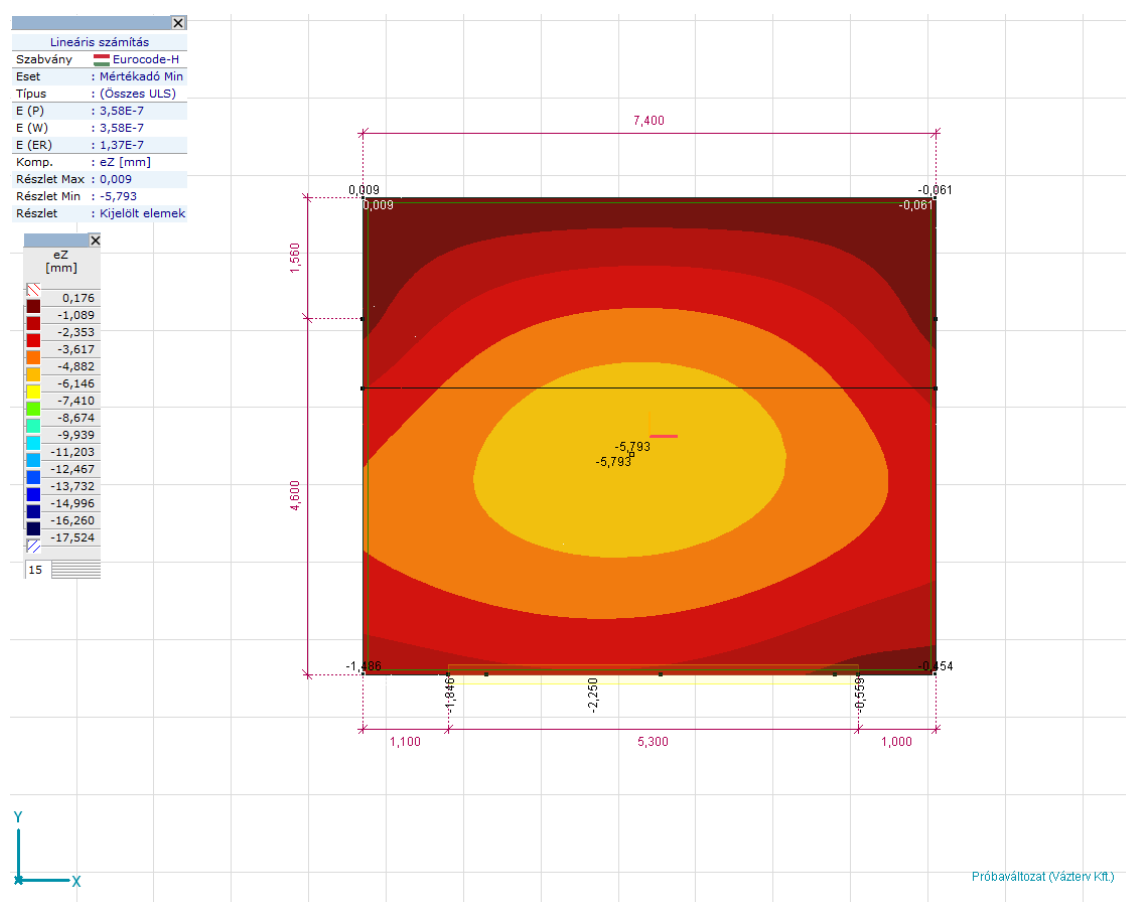
ahol a földszint feletti födémnél részletezett G-5 jelű vasbeton gerenda kerül kialakításra. A födém átellenes élét, valamint rövid szakaszon erre merőlegesen is, a lépcsőház falai támasztják alá. A födémbe az együttdolgozás érdekében a lépcsőház vasbeton falának betonvasait be kell kötni.

12.2. Terhek

A zárófödémre csak rétegrendi terhek hatnak, és a fedélszék talpszelemeneinek terhei. A talpszelemenek terheit vonalmenti teherként vettem fel a fedélszék modell vonalmenti támaszainak átlagértékével kalkulálva.

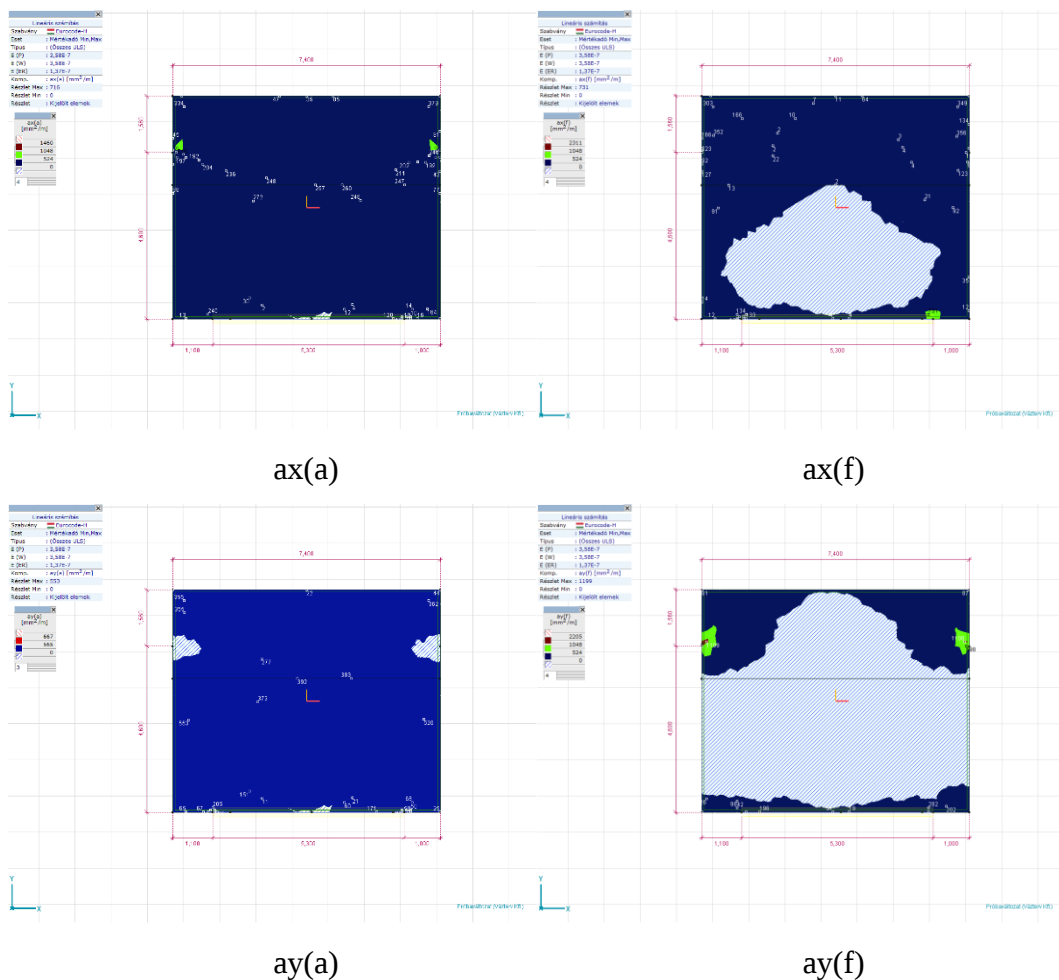
12.3. Vasalás meghatározása

Mivel a zárófödém alátámasztását legnagyobb részben csak két fal biztosítja, ezért egyirányú teherhordással méreteztem. Az épület kereszt iránya lett a főirány, hosszanti iránya az elosztó vasak iránya.



55. ábra. Zárófödém alakváltozása ULS határállapotban, Forrás: AxisVM

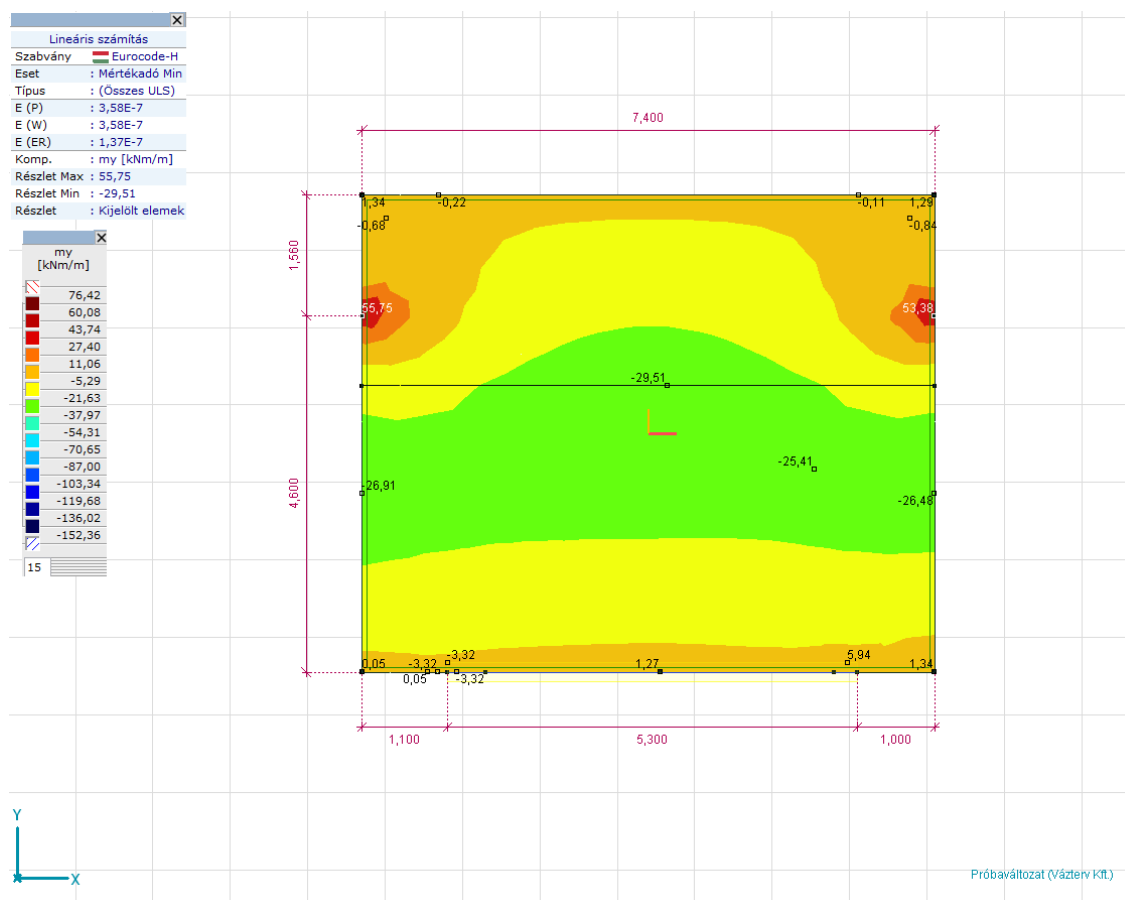
Biztonság javára, itt is $\phi 10/15/15$ alaphálót alkalmaztam alsó és felső hálónak is., valamint szükséges helyeken hálósűrítést is elhelyeztem. Erre a lépcsőházat lezáró rövidebb falak miatt volt főleg szükség, ugyanis itt több irányban is feltámaszkodik a födém.



56. ábra. Zárófödém mértékadó vasigénye, Forrás: AxisVM

12.4. Egyirányban teherhordó födém kézi ellenőrzése

A zárófödémeket általános helyen kézi számítással is ellenőriztem. A kalkulációhoz AxisVM szoftver statikai számításaival nyert nyomatéki erőt vettem mértékadó igénybevételnek.



57. ábra. Zárófödém mértékadó nyomatéka, Forrás: AxisVM

Födém méretezése		
Födémsáv méretei:		
h=	20	cm
b=	100	cm
Elméleti támaszköz:	616	cm
Igénybevételek		
Nyomatéki igénybevitel ULS határállapotban AxisVM szoftverből $M_{Ed} =$	29,51	kNm

Vasalási paraméterek		
betonfedés:	25	mm
fővas átmérője:	10	mm

Anyagminőségek		
----------------	--	--

Beton	C25/30	
$f_{cd} =$	16,67	Mpa
Betonacél	B500B	
$f_{yd} =$	435	kN/mm ²

Ellenőrzés hajlításra		
$h =$	200	mm
$b =$	1000	mm
$a =$	30	mm
$d =$	170	mm

Alsó fővasak száma:		
háló osztás	150	mm
$A_s =$	524,00	mm ² /m
Nyomott zóna magassága		
$x_c =$	13,67	mm
$\xi_{szí} c_0 =$	0,08	
határérték =	0,49	
OK		

Nyomatéki ellenállás		
$M_{Rd} =$	37191412	Nmm
$M_{Rd} =$	37,19	kNm
Kihasználtság:	79%	
MEGFELELT		

13. Fedélszék

13.1. Geometria

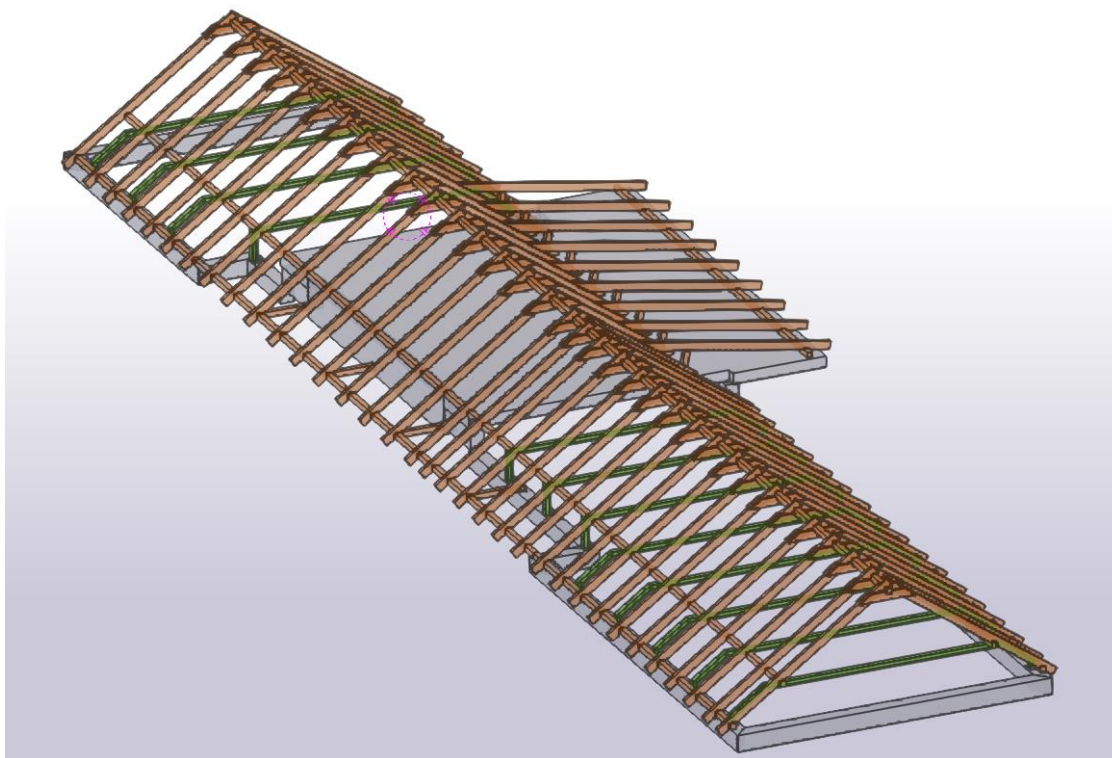
Az épületet oromfalas nyeregtető fedí, a lépcsőház vonalában kis hajlásszögű kiegészítő tetősíkkal. Általános helyen 35° a tető hajlásszög, míg a lépcsőház fölötti kiegészítő tetősíknak 10 °a hajlásszöge. Mivel az épület nagy részén nincs zárófödém, és a lakórész belmagassága a fedélszék légterébe nyúlik, ezért középszelemenés fedélszéket alakítottam ki, a középszelemeneket alátámasztandó acél keretekkel.

Az épület hosszán változó szarufakiosztást választottam a felhasznált fűrészáru mennyiségének csökkentése érdekében. Az acélkeretekkel alátámasztott tetőrészekben 75

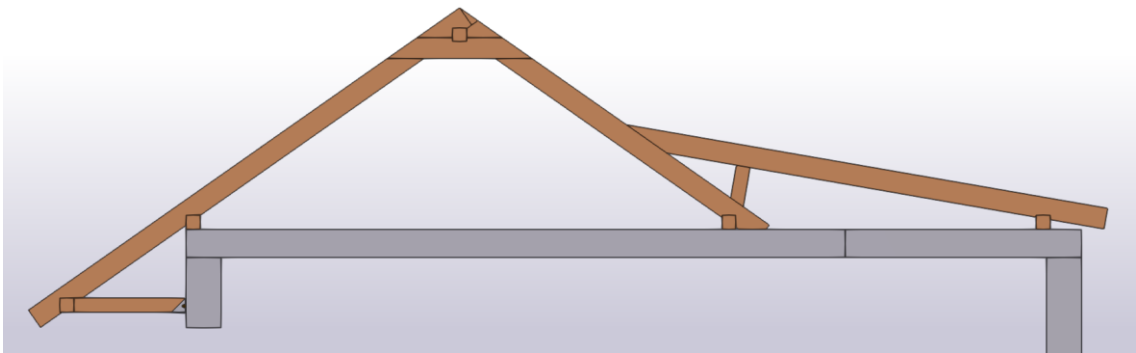
cm-es szarufa kiosztást, a zárófödémrel alátámasztott szakaszon 90cm-es kiosztást használtam.

Az épület középső traktusában található beugrás vonalát a fedélszék nem követi pontosan, így itt jelentős mértékben kinyúló ereszvonál alakul ki. A lehajlások minimalizálása érdekében ezen a szakaszon vízszintes fióktámaszokkal erősítettem támasztottam meg a talpszelemt.

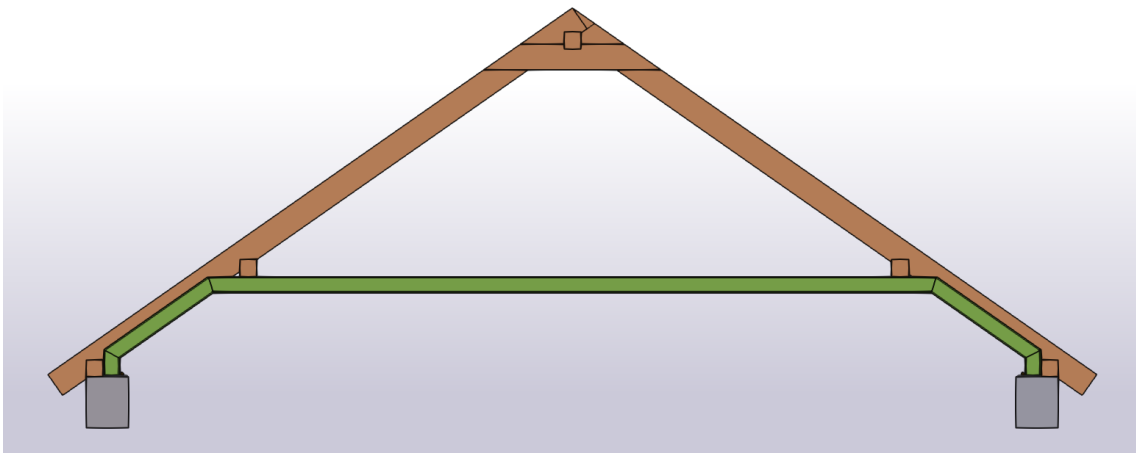
Az alacsony hajlásszögű tetőrész szarufáit a szarufákra merőleges dúccokkal támasztottam alá a középszelemen vonalában.



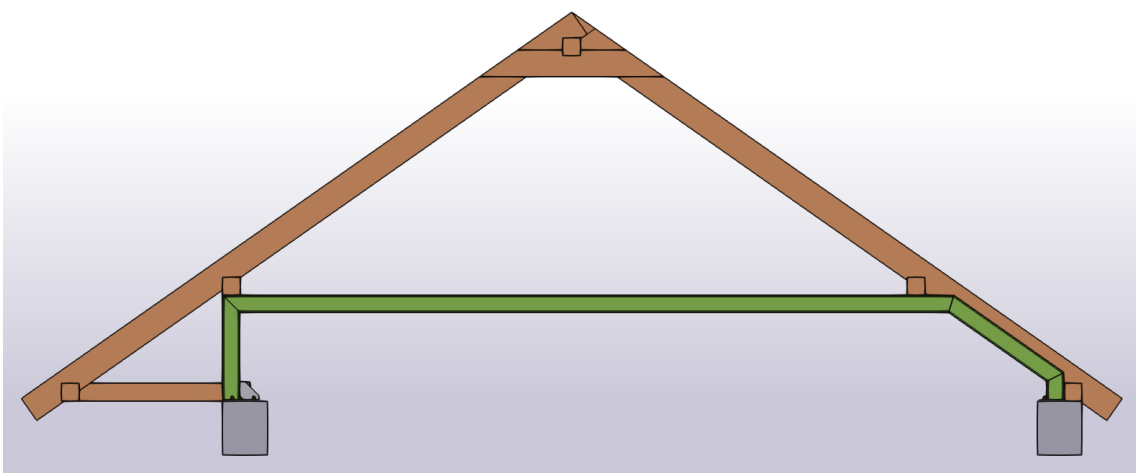
58. ábra. Fedélszék látványterve, Forrás: Tekla Structures



59. ábra. Fedélszék metszete zárófödémnél, Forrás: Tekla Structures



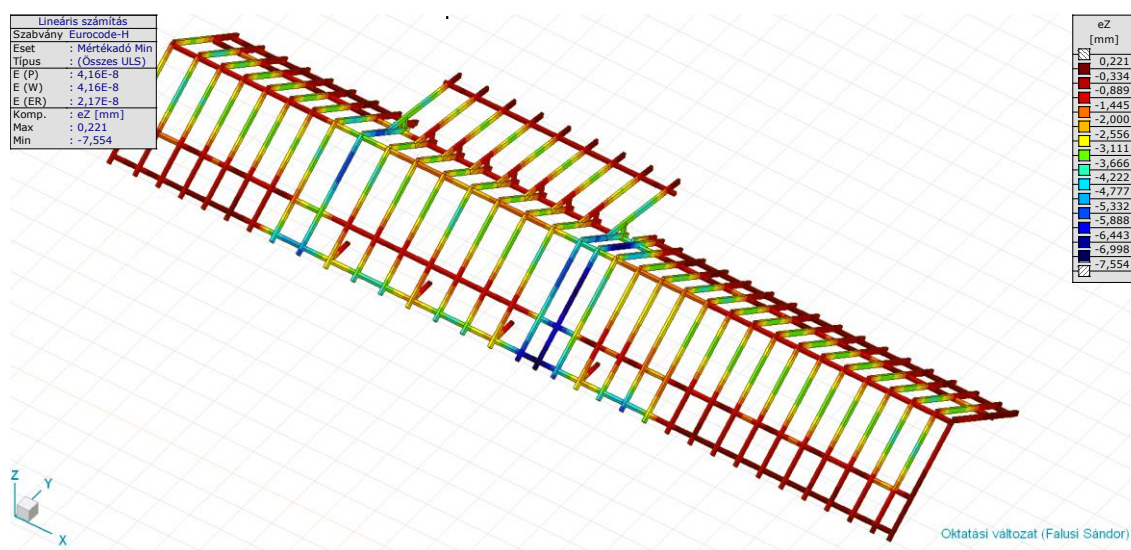
60. ábra. Fedélszék metszete K1 jelű acélkeretnél, Forrás: Tekla Structures



61. ábra. Fedélszék metszete K2 jelű acélkeretnél, Forrás: Tekla Structures

13.2. Terhek, statikai váz

A fedélszék tervezése során a rétegrendi és önsúly terheken kívül szélteher, hőteher és rendkívüli hőteher hatásaival végeztem a számítást. A terheket teherpanelekkel osztottam el a szarufákon. A szerkezeti modellt tengelyhelyesen alakítottam ki az ácskötéseket csuklós kapcsolatokkal oldottam meg, a kitérő tengelyű elemeket merev testekkel kötöttem egymáshoz. Szelemenek alatt vonalmenti, illetve az acélkeretek pozíciójában pontszerű támaszokat alkalmaztam. A támasz reakcióerőket a lentebbi szinteken teherként felvettem.

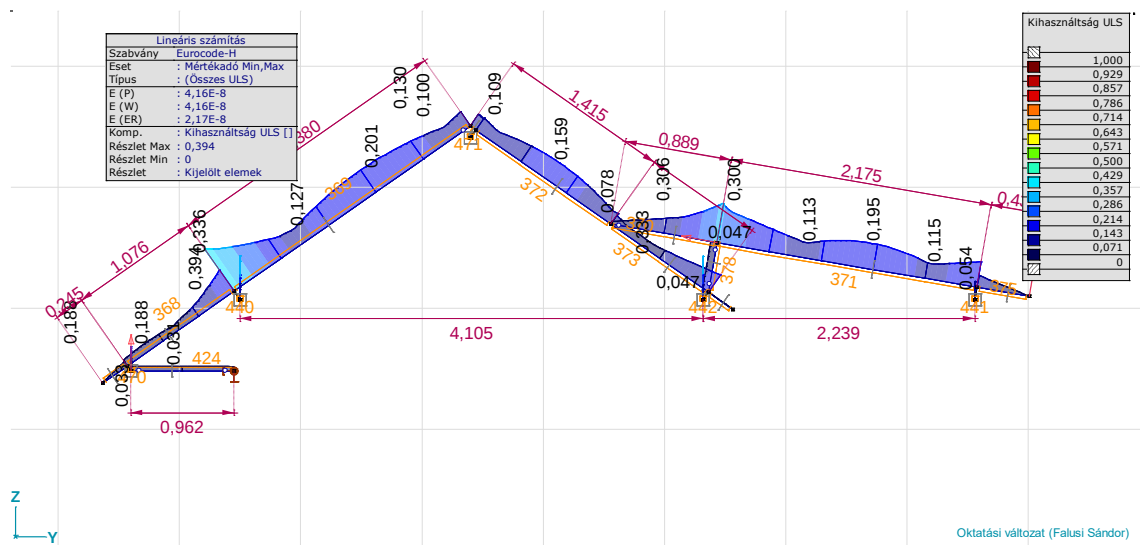
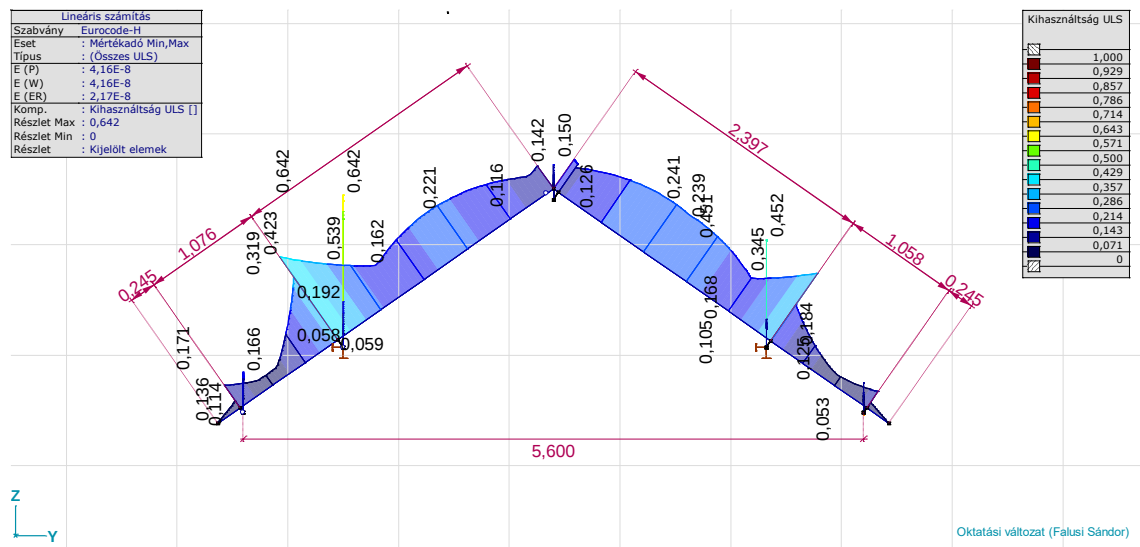


62. ábra. Fedélszék függőleges elmozdulási ábrája ULS határállapotban,

Forrás: AxisVM

13.3. Fa fedélszék optimalizációja, alkalmazott keresztmetszetek

Kezdeti tervezéshez 15/10 cm keresztmetszetű szarufákat alkalmaztam. Miután a szerkezetet megfelelően kialakítottam, dúcokat és fióktámaszokat elhelyeztem, a szarufák kihasználtsága drasztikusan csökkent, így keresztmetszetüket 15/7,5 cm-ben határoztam meg. Tetőgeometriai szempontból, valamint csomóponti kialakítás okán további csökkentést nem javaslok. Kiindulási értéknek C30-as anyagminőséget választottam. További optimalizáció céljából C24-es értékre csökkentettem a szarufák és fogópárok anyagminőségét.

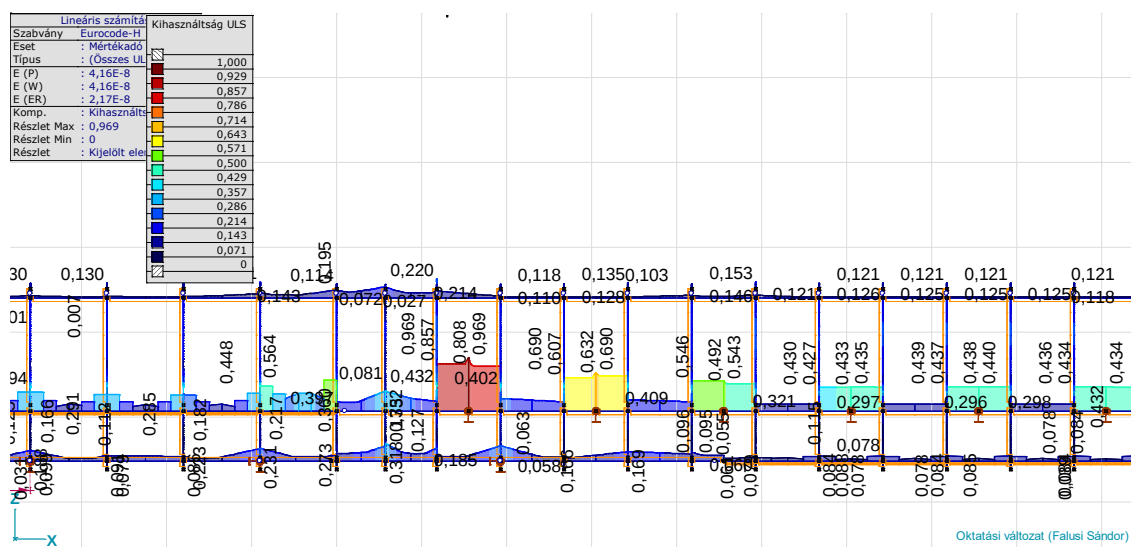


A taréjszelemen csomóponti kialakításához 15/5 cm keresztmetszetű fogópárokat írtam elő mérnöki tapasztalat alapján. A viszonylag kis fesztáv és a szarufák kis kihasználtsága miatt úgy ítéltam, hogy hagyományos ácskötések alkalmazása megfelel a szerkezet kialakítására.

A szelemeneket általánosságban 10/10 cm keresztmetszetű faanyagból terveztem. A mértékadó kihasználtság a középszelemeneknél fordul elő, az acélkeretre való

feltámaszkodás helyén. Itt a keretkiosztást és a szarufák pozícióját is többször módosítottam, hogy csökkentssem a szelemenre ható igénybevételeket.

Végső számításaim alapján az acélkereteket egymástól 1,5 m távolságban helyeztem el, a szarufákat 75 cm kiosztással, olya módon, hogy az acélkeret a két szarufa közti távot pontosan megfelezze. Ezzel minimalizáltam a szelemenre ható nyíróerőt, amire a tönkremenetel más esetekben bekövetkezne.



65. ábra. Fedélszék szelemen kihasználtság, Forrás: AxisVM

13.4. Fa fedélszék vizsgálata hosszú távú hatásokra

Mivel a kalkulációimat AxisVM X7 verziójú szoftver segítségével végeztem, így a fa szerkezetek tartós terhelésre történő alakváltozásainak vizsgálatát el tudtam végezni a szoftver beépített rendszereivel SLS karakterisztikus határállapotban történt számításokkal. Általánosságban megállapítottam, hogy a szerkezet teljes élettartamára megfelel a szabványos követelményeknek.

Az alábbi számítást AxisVM szoftverből nyertem ki.

FA SZERKEZETI ELEM ELLENŐRZÉSE

41 méretezési elem

Csomópontok: 353-57

Szabvány: Eurocode-H

MSZ EN 1995-1-1

Anyag: C24

Felhasználási osztály: 2

Szelvény: 7,5x15

Tehereset: lineáris, (SLS Karakterisztikus) Mértékadó

Teheridőtartam-osztály: lineáris, (SLS Karakterisztikus) Mértékadó

12. SLS (használhatósági határállapot) - A deformáció végértéke

EN 1995-1-1: 2.2.3, 7.2

Mértékadó teherkombináció: [Önsúly+Rétregrend] {Hó DY-} (0,6*Szél [fedélszék] Y+Ps.S)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,54 \cdot L = 0,54 \cdot 238 = 129$ cm

$$k_{def} = 0,8$$

Az alábbi lehajlás értékek már tartalmazzák a beállított végponti lehajlás korrekciót.

$$w_{net,fin,y} = |w_{fin,y}| = |(-0,041)| = 0,041 \text{ cm}$$

$$w_{limit,y} = \frac{L_{SLS,y}}{150,0} = \frac{238}{150,0} = 1,6 \text{ cm}$$

$$\eta_{SLS,y} = \frac{w_{net,fin,y}}{w_{limit,y}} = \frac{0,041}{1,6} = 2,6 \%$$

$$w_{net,fin,z} = |w_{fin,z}| = |(-0,2)| = 0,2 \text{ cm}$$

$$w_{limit,z} = \frac{L_{SLS,z}}{300,0} = \frac{238}{300,0} = 0,79 \text{ cm}$$

$$\eta_{SLS,z} = \frac{w_{net,fin,z}}{w_{limit,z}} = \frac{0,2}{0,79} = 25,3 \%$$

$$\eta_{SLS} = \max(\eta_{SLS,y}; \eta_{SLS,z}) = \max(2,6; 25,3) = 25,3 \% \quad \text{megfelel}$$

			
		Lineáris - Mértékadó Min,Max	Anyag C24 Fatípus Puha 2. osztály
		x[m] = 1,260	Szelvény 7,5x15
		N-M = -	Ax [cm ²] 112,50
		N-M-Kihajl. = -	Ix [cm ⁴] 1447,1
		N-M-Kiford. = -	Iy [cm ⁴] 2109,4
		Vy-Vz-Tx = -	Iz [cm ⁴] 527,3
		My-Vz = -	Stabilitási paraméterek
		st90d [kN/cm ²] = 0	K _{yy} 1,000
			K _{zz} 1,000
			K _{LT} 1,000
			Z _a 0,500
SLS  41. faméretezési elem x [m] = 1,260 m Összhossz: 2,380 m		SLS Max. kihasználtság 0,253 ULS = 0 SLS = 0,253	

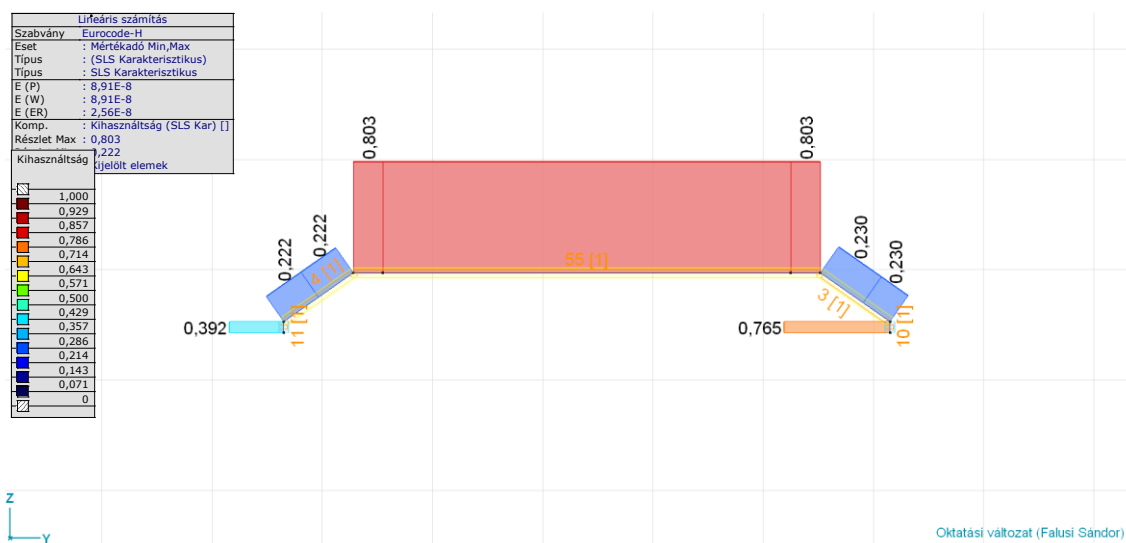
66. ábra. Szarufa kihasználtság SLS határállapotban, Forrás: AxisVM

13.5. Acél keretállás tervezése

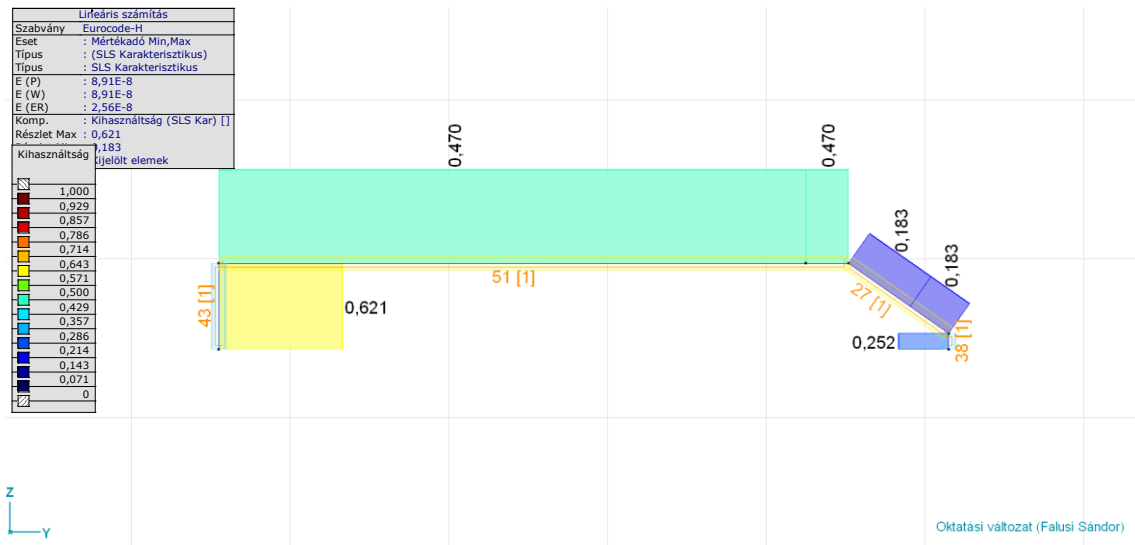
A keretállásokkal az emeleti lakást felülről határoló álmennyezet síkját követtem. Felső síknak a lépcsőház feletti zárófödém felső síkját határoztam meg a középszelemenek pozicionálása céljából. A keretállások az emeleti falak koszorúira támaszkodnak.

Előzetesen HEA120 szelvényeket vettem fel a statikai modellben, majd acélszerkezeti optimalizációval választottam végső szelvényt méretet.

Súly szempontjából a legoptimálisabb választás az IPE 120 szelvény lett volna, azonban az álmennyezet szerkezeti kialakításának ismerete hiányában nem tudtam ilyen kis övszélességű szelvényt választani. Ezért HEA100 szelvényből alakítottam ki a végső megoldást, aminek 80%-os legmagasabb kihasználtsága, és furatolhatóság szempontjából a legideálisabb választásnak bizonyult. Megjegyzem, hogy amennyiben az álmennyezet kialakítása ismert, úgy lehetőség lett volna az IPE 120 szelvényekkel további 35%-os acél súly csökkentésre.



67. ábra. K1 acélkeret kihasználtsága SLS határállapotban, Forrás: AxisVM

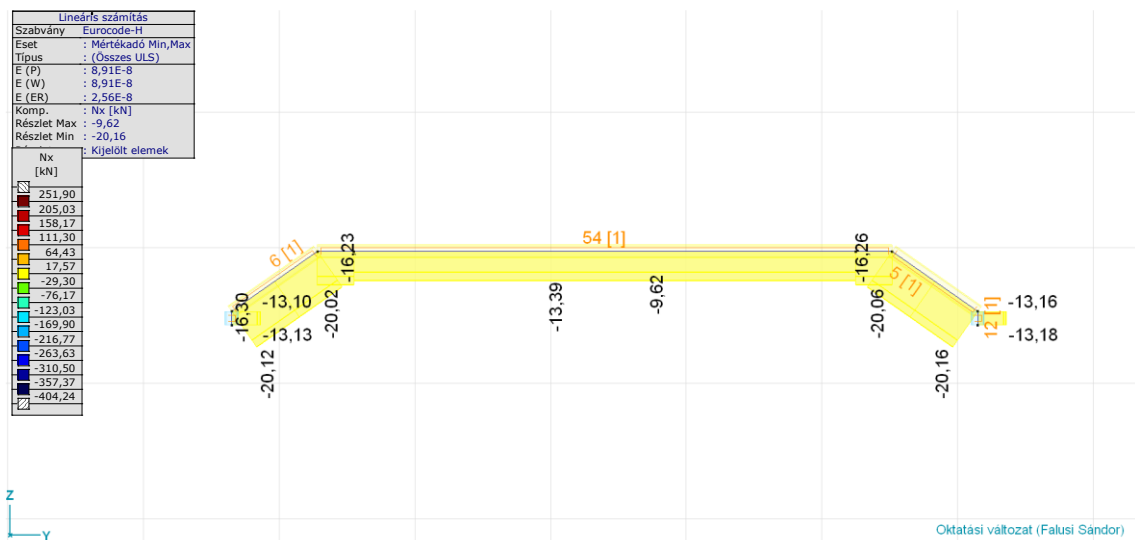


68. ábra. K2 acélkeret kihasználtság SLS határállapotban, Forrás: AxisVM

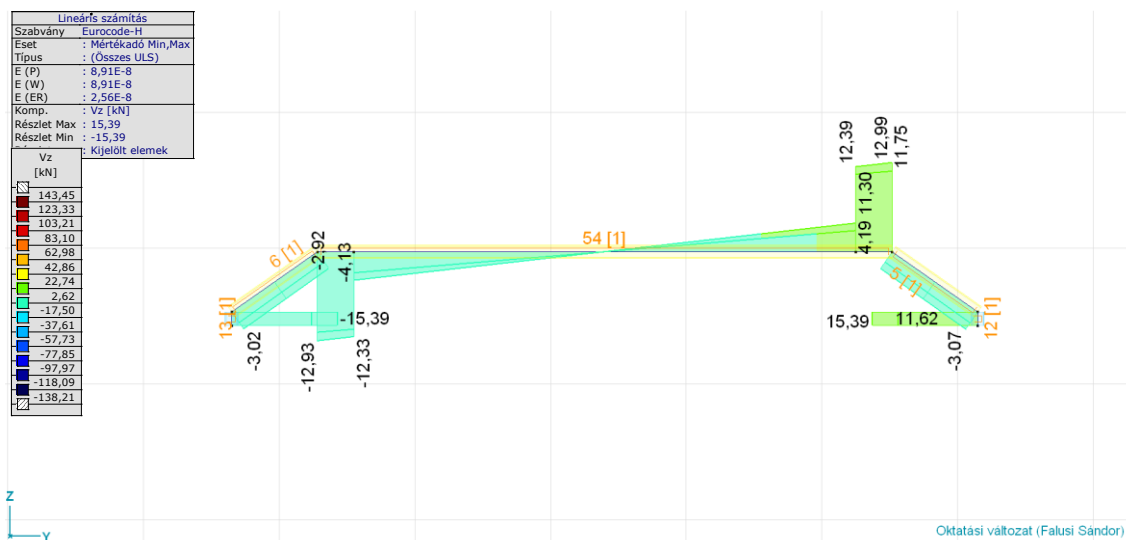
13.6. Acélkeret talpcsomópont tervezése

Az acélkeretek talpcsomópontját az AxisVM szoftver csomópont tervezőjén belül, talpcsomópont tervezővel alakítottam ki. Egy választott keretállás talpcsomópontját alakítottam ki, és jelen tervben ezt alkalmaztam minden keretállás talpához.

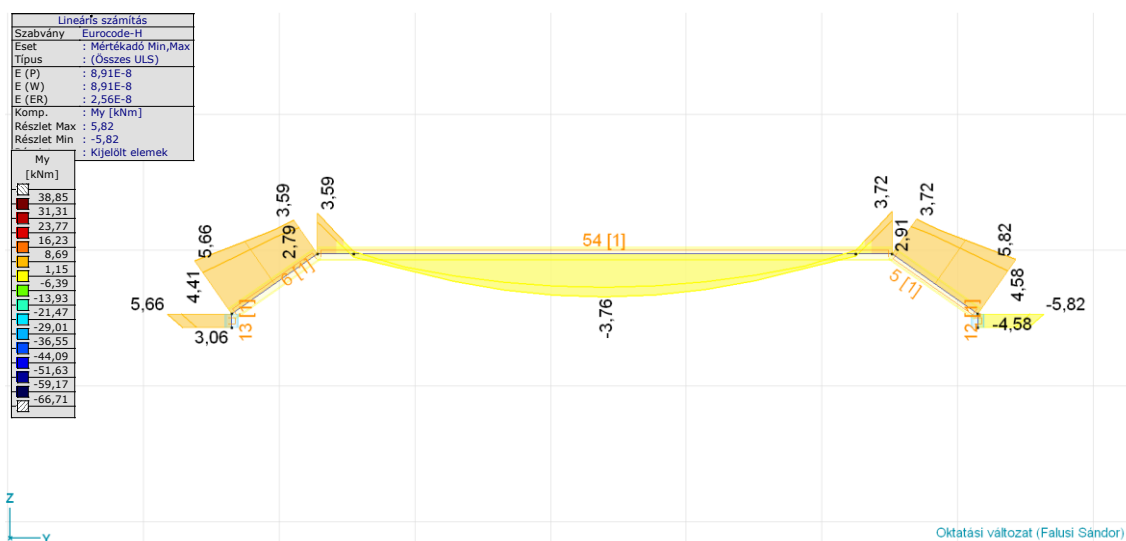
Utólag befűrt és beragasztott rögzítő dübeleket alkalmaztam, amire a vasbeton valamint a falazott szerkezetek és az acél szerkezetek gyártása közötti precizitás eltérés miatt van szükség. A talpcsomópont kialakítása és pozicionálása során figyeltem arra, hogy a dübelek elférjenek a koszorú hosszvasai között.



69. ábra. K1 acélkeret mértékadó igénybevételei Nx, Forrás: AxisVM

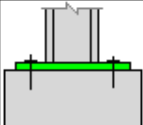


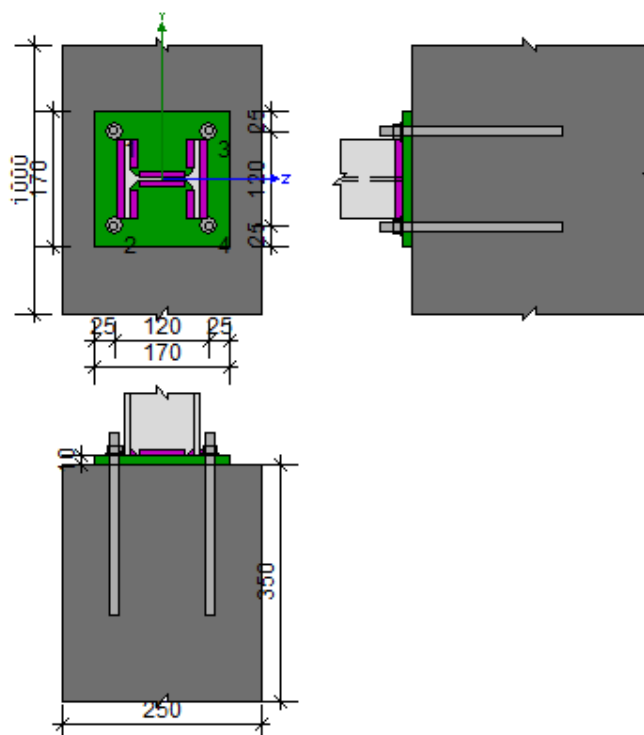
70. ábra. K1 acélkeret mértékadó igénybevételei Vz, Forrás: AxisVM



71. ábra. K1 acélkeret mértékadó igénybevételei My, Forrás: AxisVM

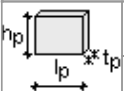
Az alábbi számítási részletet az AxisVM szoftver csomópont tervező moduljából kivonatoltam.

	Oszloptalp EC3 1991-1-8: 2008, EN 1992-4:2018	Hányados : 0.975	✓
---	---	------------------	---



Adatok

Oszlop HEA 100					
	h_c	b_{fc}	t_{fc}	t_{wc}	R_c
	96.00mm	100.00mm	8.00mm	5.00mm	12.00mm
	A_c	J_{y0c}	J_{z0c}	y_{0c}	z_{0c}
	21.24cm ²	349.24cm ⁴	133.81cm ⁴	50.00mm	48.00mm
Anyag	Minőség	f_y	f_u		
	S 235	235.00MPa	360.00MPa		

Talplemez			
	l_p	h_p	t_p
	170.00mm	170.00mm	10.00mm

Anyag	Minőség	f_y	f_u
	S 235	235.00MPa	360.00MPa

Lehorgonyzás

Minőség		8.8
Folyáshatár	$f_y =$	640.00MPa
Húzási ellenállás	$f_u =$	800.00MPa
Csavarátmérő	$d =$	12.00mm
Csavar furatátmérő	$d_0 =$	14.00mm
Csavar keresztmetszeti terület	$A =$	1.13cm ²
Effektív csavarkeresztmetszet	$A_s =$	0.84cm ²
Sorok száma	$n_y =$	2.00
Sorok száma	$n_z =$	2.00
Függőleges sortávolság		$p_{y1} = 120.00mm$
Függőleges sortávolság		$p_{z1} = 120.00mm$

Varratok

Sarokvarrat mérete a gerenda öve és a homloklemez között	$a_{fc} =$	7.00mm
Sarokvarrat mérete a gerenda gerince és a homloklemez között	$a_{wc} =$	5.00mm

Alapozás			
	L_{1f}	B_{1f}	H_{1f}
	250.00mm	1000.00mm	350.00mm
Anyag	Minőség	E_c	f_{ck}
	C25/30	9450.00MPa	25.00MPa

Parciális biztonsági tényezők

Tényező	$\gamma_{M0} =$	1.000
Tényező	$\gamma_{M2} =$	1.250
Tényező	$\gamma_{Mc} =$	1.500

Erők

Tervezési terhek

Tervezési terhek ULS

ÖSSZEFOGLALÓ

Feladatom során átfogóan megismertem a rendelkezésemre bocsátott építészeti engedélyezési terveket. A talajmechanikai szakvéleménnyel összhangban sikerült azokat feldolgozni, és az épület tartószerkezeti elemeit megtervezni, azokat méretezni.

A folyamat során próbáltam olyan geometriai kialakításokat alkalmazni, amellyel egyrészt az épület építész által megálmodott koncepciója kivitelezhető, másrészt minél költséghatékonyabb módon megfelel a szabványos teherbírási és használhatósági követelményeknek. Esetenként ez komoly kihívást jelentett, és csak többszöri módosítás és újraszámítás eredményeként sikerült megfelelő virtuális statikai modellt készítenem.

A tervezési feladattal komplex rálátást nyertem a szakma egy olyan szegletébe, mellyel eddigi tanulmányaim és munkám során nem volt tapasztalatom. Az épület kialakítása több egyedi szerkezeti megoldást igényelt, így a szerkezetet nem mondhatom költséghatékonnak. A fedélszék kialakítása jó példa erre, ahol az épület zárófödémének hiányában acél szerkezeteket kellett kialakítani. Továbbá maga az épületgeometria is statikailag előnytelen, a küldő falak konkáv vonalvezetése és belső teherhordó szerkezetek hiánya komoly igénybevételeket jelent a lemezalap és a födémek kialakítása során.

Hasonló projekteknél javaslom az építészmérnök és a tartószerkezet tervező szorosabb együttműködését, hogy a tartószerkezeti elemek optimális és költséghatékony kialakítása mellett lehessen a megrendelő igényeinek formavilágában és funkcionálisan megfelelő épületet létrehozni.

Ugyan a feladat kihívásokkal teli volt, végső soron bizonyos vagyok benne, hogy a szerkezet megvalósítható, tartószerkezeti szempontból a szabványos követelményeknek az épület teljes élettartamában megfelel.

SUMMARY

In the course of my task, I comprehensively familiarized myself with the architectural permit plans made available to me. In accordance with the soil mechanics report, it was possible to process them and design the building's structural elements with sound calculations.

During the process, I tried to use geometric designs that, on the one hand, made it possible to realize the concept of the building dreamed up by the architect, and on the other hand, meet the standard load-bearing and usability requirements in the most cost-effective way. In some cases, this was a serious challenge, and it was only after several modifications and recalculations that I was able to create a suitable virtual static model.

With the design task, I gained a complex insight into a corner of the profession with which I had no experience during my previous studies and work. The design of the building required several unique structural solutions, so I cannot say that the structure is cost-effective. The design of the roof structure is a good example of this, where steel structures had to be designed in the absence of a building's closing slab. In addition, the building geometry itself is statically unfavorable. The concave line of the load-bearing walls and the lack of internal load-bearing structures mean serious stresses during the design of the foundation and slabs.

For similar projects, I recommend a closer cooperation between the architect and the structural engineer. It is important that the building can at the same time have an optimal and cost-effective design of its structural elements, and meet the client's needs in terms of form and functionality.

Although the task was challenging, in the end I am certain that the structure is feasible, and in terms of supporting structure, it meets the standard requirements for the entire life of the building.

Felhasznált szoftverek

AxisVM X7 R3

Tekla Structures

AutoCAD 2024 Oktatási Verzió

Schöck Isokorb® Type Concrete-Concrete méretező software

Microsoft Word

Microsoft Excel

Rajzi mellékletek

S-01	Alaplemez zsaluzási terve
S-02	Alaplemez alsó vasalási terve
S-03	Alaplemez felső vasalási terve
S-04	Pince feletti födém zsaluzási terve
S-05	Pince feletti födém alsó vasalási terve
S-06	Pince feletti födém felső vasalási terve
S-07	Földszint feletti födém zsaluzási terve
S-08	Földszint feletti födém alsó vasalási terve
S-09	Földszint feletti födém felső vasalási terve
S-10	Zárfödém terve
S-11	Koszorúk és erősítő pillérek terve
S-12	Zsalukő falak általános vasalási terve
S-13	Fedélszék terve
S-14	Fedélszék kiegészítő acélszerkezetek tervei