



ÓBUDAI EGYETEM
YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR

Szakdolgozat

Fa fedélszék szerkezetek rövid történeti összefoglalója. Fa szerkezetű fedélszék tartószerkezeti vizsgálata. Egy konkrét fedélszék 1:50 kiviteli tervének elkészítése.

Óbudai Egyetem
2024.

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

Bánfi György



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Bánfi György Károly

Szaktervezési száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: Építőmérnöki

Specializáció: Magasépítési

A dolgozat címe: Fa szerkezetű fedélszékek tartószerkezeti vizsgálata

A dolgozat címe angolul: Structural inspection of wooden roof structures

A feladat részletezése: Fa fedélszék szerkezetek rövid történeti összefoglalója. Fa szerkezetű fedélszék tartószerkezeti vizsgálata. Egy konkrét fedélszék 1:50 kiviteli tervének elkészítése.

Intézményi konzulens neve: Szabó Balázs

A kiadott téma elévülési határideje: 2026. 12. 31.

Beadási határidő: 2024. 05. 15.

A szaktervezési: Nem titkos.

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

Kiadva: Budapest, 2024. 03. 06.

[Signature]
Intézetigazgató

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

[Signature]
belső konzulens

[Signature]
külső konzulens

SZAKDOLGOZAT
KONZULTÁCIÓS NAPLÓHallgató neve: **Bánfi György**Dolgozat száma:
[Redacted]Oktatási azonosítója:
[Redacted]

Szak, specializáció megnevezése:

Neptun azonosítója:
[Redacted]**Levelező építőmérnök szak**Törzskönyvi száma:
[Redacted]**Magasépítési specializáció**A dolgozat címe magyar nyelven: **Fa szerkezetű fedélszékek tartószerkezeti vizsgálata**A dolgozat címe angol nyelven: **Structural inspection of wooden roof structures**Belső (kari) konzulens neve: **Szabó Balázs**

Külső konzulens neve: -

Külső konzulens munkahelye: -

ALK.	DÁTUM	KONZULTÁCIÓ TÉMÁJA, TARTALMA	KONZULENS ALÁÍRÁSA
1.	2024.03.22	Történelmi rész felépítése, terv stat. viz.	[Signature]
2.	2024.04.05	Statikai rész, csatlakozás kialakítása	[Signature]
3.	2024.04.19	DWG rajzok, szöveges rész	[Signature]
4.	2024.05.10.	Rajzok, szöveges rész véglegesítése	[Signature]

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: Bp. (hely), 2024.05.10. (dátum)[Signature]
belső (kari) konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2024. 05. 14.

.....
hallgató aláírása

Bánfi György

Köszönöm a munkámhoz nyújtott segítséget és a türelmét
a konzulensemnek, és cégemnek, a MÁV FKG Kft.-nek, valamint a képzésemben
résztvevő valamennyi oktatónak.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	8
2.	Történeti fedélszékek	8
2.1.	Középkori tetőszerkezetek	8
2.2.	Gótikus stílusú tetőszerkezetek	9
2.3.	Barokk stílusú tetőszerkezetek	11
2.4.	Eklektikus stílusú tetőszerkezetek.....	15
2.5.	Mérnöki fa fedélszékek	15
3.	A terv ismertetése.....	15
3.1.	Műszaki leírás	15
3.1.1.	Előzmények.....	15
3.1.2.	Adatok	16
3.1.3.	Szabványok	18
3.1.4.	Könyvek	18
3.1.5.	Tervek.....	18
3.2.	Tartószerkezet ismertetése	18
3.2.1.	A tetőszerkezet	20
3.2.2.	A torony.....	21
3.3.	Építési sorrend.....	22
3.4.	Anyagminőségek.....	22
3.5.	Gyengített keresztmetszetek.....	23
3.6.	Keresztmetszet optimalizáció.....	23
3.7.	Összefoglaló	24
4.	Számítási melléklet	25
	Tartós terhek.....	25
4.2.	Kézi számítások.....	28

4.2.1.	Felső összekötő fa kézi számítás (386. sz. rúdelem)	28
4.2.2.	Szarufa kézi számítás (54. sz. rúdelem).....	33
4.3.	Számítások AXIS végeselemes szoftverrel	37
4.3.1.	Templom fedélszék számítások	37
4.3.2.	Torony fedélszék számítások.....	56
4.4.	Keresztmetszet optimalizáció AXIS végeselemes szoftverrel.....	70
4.5.	Gyengített keresztmetszetek ellenőrzések AXIS végeselemes szoftverrel.	82
	Felhasznált Irodalom.....	88

1. Bevezetés

A feladat során Kiszombor Nagyközségben található Nagyboldogasszony-templom tetőszerkezetét mértem fel (cím: 6775 Kiszombor, Szent István tér 3), illetve ellenőriztem tartószerkezetileg. A felmérést Varga Attila Atya plébános Úr segítette. Amikor ez a tetőszerkezet készült, a tervezők és ácsmesterek a tapasztalataik alapján tervezték és kiviteleztek a tetőszerkezeteket, a biztonság javára. Mivel a tetőszerkezet még az MSZ szabványok előtt készült, ezért a tervező felelőssége eldönteni, hogy milyen szabvány szerint végzi a meglévő szerkezetek ellenőrzését. Jelen esetben azért esett az Eurocode-ra a választás, mert nagyobb biztonságot ad. A részletes számítást AXIS VM végeselemes statikai méretező programmal végeztem Eurocode 5 szerint, illetve megvizsgáltam, hogy a kihasználtságok alapján milyen méretcsökkentést lehetne elérni, ha a mai időkben készítenénk a tetőszerkezetet statikai számítások alapján. A részletes számítást a 4. fejezet (Tartószerkezeti számítás) tartalmazza.

A szakdolgozat történeti fedélszékek összefoglalójában a különböző korok tetőszerkezeteinek statikai szerkezetét, erőjátékát, fejlődését foglalom össze.

2. Történeti fedélszékek

2.1. Középkori tetőszerkezetek

A kisebb épületek tetőszerkezete kapcsolt szarupárosból álló fedélszék, felül esetleg kakasülővel, fogópárral merevített egyszerű szerkezet, amely a legkisebb függőleges teherre is a teherviselő falakon vízszintes reakcióerőket eredményez, ezért az ezzel áthidalható táv erősen korlátozott. A következő lépcső az üres fedélszék, melynél a kapcsolt szarufa párost alul összekötő gerendával merevítik. Ennél a megoldásnál már nagyobb távolságok elérhetők, illetve növelhető még a távolság, ha a sarkokban ferde dúcokat alkalmazunk. A lehajlások korlátozása érdekében közbenső szaruállások, illetve torokgerenda, vagy fogópár alkalmazása volt indokolt. Az üres fedélszék viszonylag nagy merevséget adott, de a felhasznált faanyag túl sok volt az ezzel áthidalható távhoz képest, ez vezetett a szelemen-es fedélszékek elterjedéséhez.

A középkor óta az épületek lefedésére szolgáló fedélszék szerkezeteknél minden esetben egymásra merőleges, önmagában is merev rácsszerkezetet alakítottak ki. A tető hosszirányú tengelyére merőlegesen helyezkednek el a keretállások, ezek hordozzák

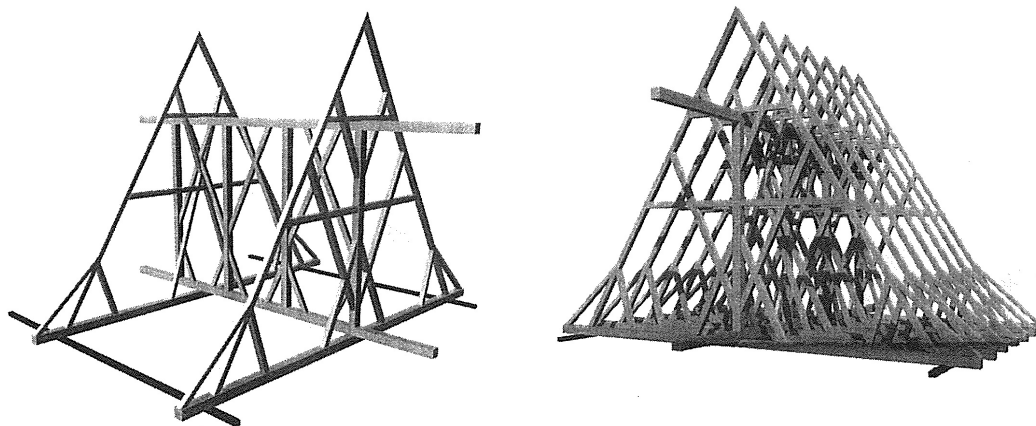
közvetlenül a tető terheit, és a hosszirányban elhelyezkedő keretek, melyek a hosszirányú merevítését adták. A szelemenek fedélszékek megjelenésével kialakultak a fő és mellékállások, melyeknél a mellékállások a szelemenekre terheltek, és a szelemenek terheit a fő szaruállások viselték. Ez nagymértékben csökkentette a beépített faanyag mennyiségét, illetve a fedélszék szerkezet súlyának terhét is, így növelhették az áthidalt teret.

A középkorban a nagy terek vízszintes lefedését egyszeresen-, illetve kétszeresen ívelt felületekkel oldották meg. Ezen épületek lefedését úgy kellett megoldani, hogy alsó összekötő gerendát nem alkalmazhattak az ívek miatt. Azért, hogy a födém fölött a terhelést el tudják vezetni, olyan szerkezeteket építettek, amelyek követték az ívek formáját, vagy egyenesekkel összekötve (ollós szerkezettel) vagy eleve gőzöléssel ívesített gerendák felhasználásával. Ezeknél a szerkezeteknél az összekötő gerenda hiányában a vízszintes erőket más módon kellett felvenni. Az ollós szerkezeteknél a ferde dúcok egymáshoz támasztásával tudták megoldani, az íves gerendákat úgy próbálták kialakítani, hogy az erők minél nagyobb része függőleges legyen.

2.2. Gótikus stílusú tetőszerkezetek

A gótika korában a növekvő belső falközű terek lefedéséhez már merevített keretállásokat kellett használni. A megnövekvő falköz távolságok miatt a szarufák hossza is megnőtt, ami azt hozta magával, hogy nagy alakváltozást szenvedtek. A keresztmetszet növelésével a felhasznált faanyag mennyisége megnövekedett volna, illetve ennek terhe is ugrásszerűen nőtt volna, ehelyett a szarufákat közbenső pontokon támasztották meg. A megtámasztási pontoknál hosszirányban szelemenek futottak, melyek a mellékszarufák terheit vezették át a főszaruállásokra.

Ekkor fejlődtek ki a bakdúcos, dúlt fedélszékes, egy-, két-, három állószékes fedélszék szerkezetek. A cél az alakváltozások mérséklése volt. Már ekkor is tisztában voltak azzal a ténnyel, hogy a fa a hosszan tartó állandó terhek hatására folyamatos lassú képlékeny alakváltozást, úgynevezett kúszást szenved el, így a több ponton megtámasztott szarufa folyamatos terhei a többtámaszúsítás miatt kisebbek, így a végleges alakváltozások is



1. ábra Fátrai György - Történeti fedélszerkezetek - Miskolc Avas református templom

nagymértékben korlátozhatók. Az 1. sz. ábrán látható egy közbenső kötőfákkal és egymást metsző dúc és könyökpárokkal merevített gótikus fedélszerkezet.

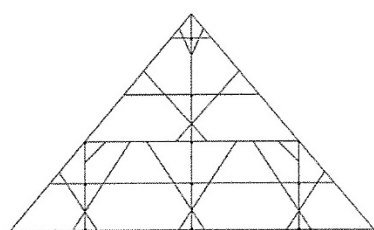
A zárófödém ekkor már nem ívekkel volt kialakítva. A vízszintes födém sokszor abból

Főszaruállás

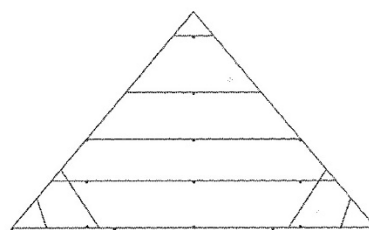
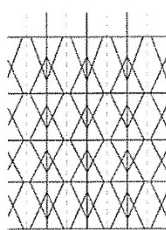
Hosszrács

$m f m f m f m$

Mellékszaruállás



012345



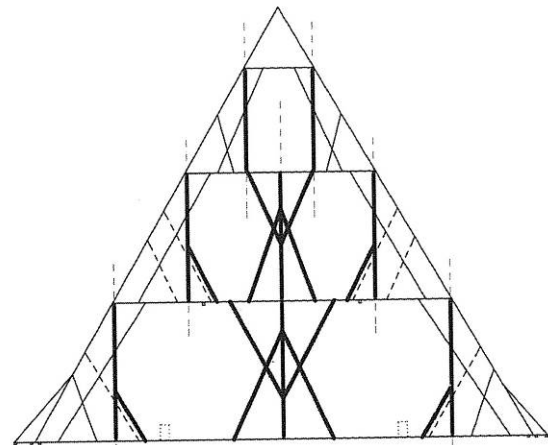
2. ábra Fátrai György - Történeti fedélszerkezetek - Gótikus síkrácsok és térmerev tetőszerkezet

állt, hogy a kötőgerenda kétoldról faburkolatot kapott. Mivel a födém már vízszintes volt, ezért egyre több helyen terjedt el, hogy a tetőteret is kihasználták, de ez csak

korlátozottan volt lehetséges, mivel a gótika korában a hossz és keresztirányú merevítések jelentősen megnehezítették ezt. A 2. sz. ábrán látható, hogy nagyobb fedélszerkezetek esetében több szinten merevítették mind tető tengelyben, mind arra merőlegesen a szerkezetet. Itt is megfigyelhetők mindenhol az egymást metsző merevítőelemek. Szerkesztésekor mindig ügyeltek rá, hogy egy pontban sok csatlakozás ne legyen, viszont az egymást kiegyensúlyozó erők ne legyenek egymástól távol, hogy ne keletkezzen a nagy külpontosságból hajlítás.

Erőjáték szempontjából a fedélszerkezeteket az jellemezte, hogy keresztirányú merevítésre páros dúc/könyök párosokat alkalmaztak, melyek a függesztett oszlopokat kb. derékmagasságban keresztelték egy pontban. A hosszirányú merevítést mindig a székállás oszlopainak vonalában helyezték el, több székállás esetén több is, és rendszerint ezek is páros dúc/könyök párosokkal voltak merevítve. A merevített főállások között 2-3 mellékszaruállás volt, melynek a terheit a főszaruállásokra a szelemenek vitték át, illetve itt összekötő gerendák helyett fiókgerendákra ültek a szarufák, melyek a fiókváltókban végződtek. A fedélszék szerkezet kialakításából az látszik, hogy a szarufák szerepet játszottak a keretállások merevítésében, a terhek elosztásában is.

Ekkor alakult ki az ácskötések jelentős része, mellyel félmerev kötéseket tudtak létrehozni. Az ácskötések elkészítésénél azt az elvet követték, hogy a tetőszerkezetbe a fán kívül más anyag nem kerülhet. A kapcsolásokat minden esetben az ácskötés oldotta meg, elmozdulás ellen is csak keményfa idegencsapot használtak.



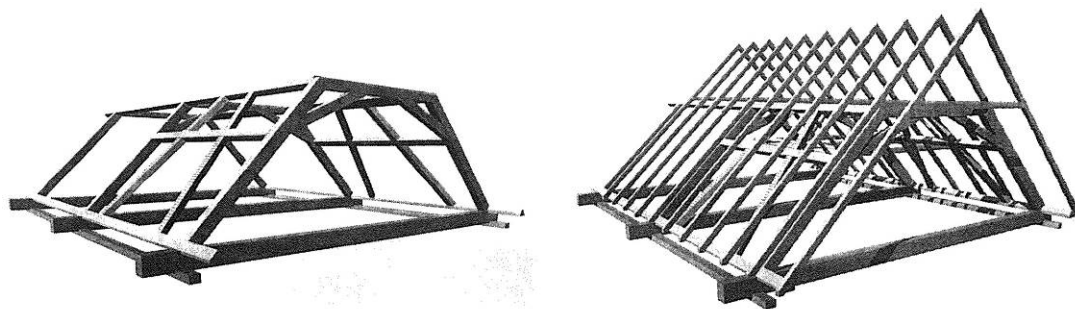
3. ábra Fátrai György - Történeti fedélszerkezetek –

merevítés egymást metsző kötőpárokkal

2.3. Barokk stílusú tetőszerkezetek

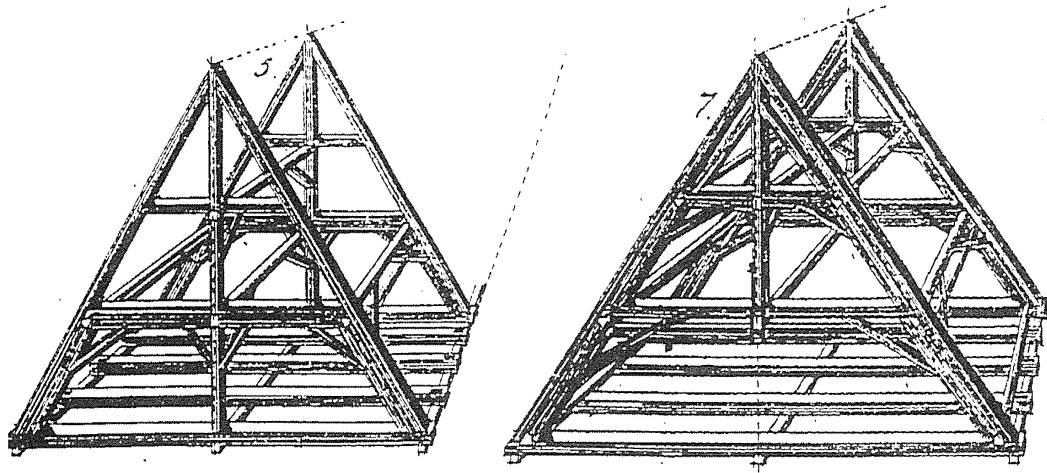
Az elvárosiasodás következtében egyre nagyobb lett az igény arra, hogy a városban lévő házak tetőtere is beépítésre kerüljön. A fedélszéket szerkezetileg külön választották. A

szarufák csak a tetőhéjalás és a rétegrend terheit voltak hivatottak hordani, a szaruzat alátámasztását különválasztott tartószerkezeti kerettel oldották meg. Így az egyes szerkezeti elemek sokkal tisztább erőjátékúak lettek.



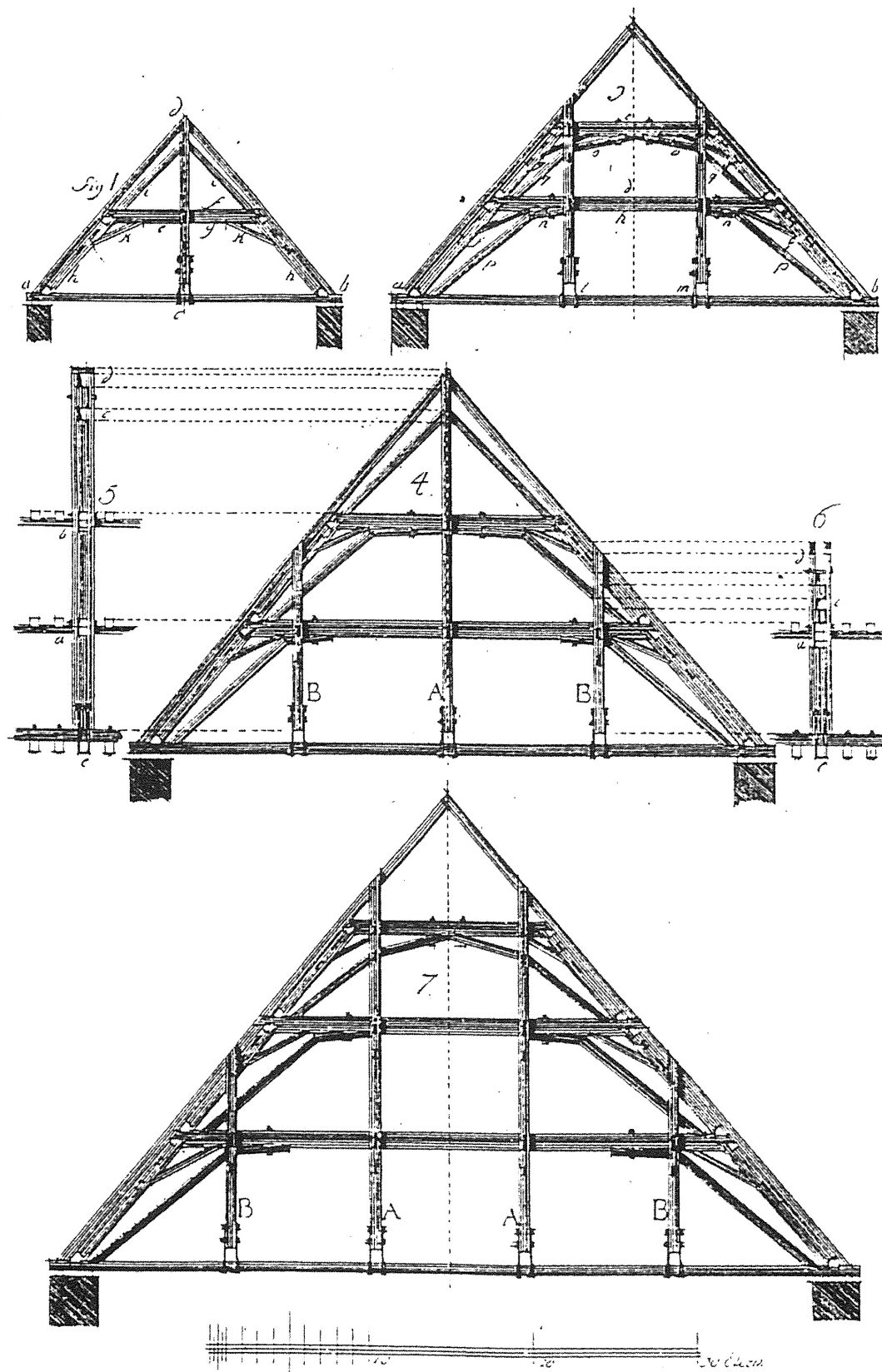
4. ábra Fátrai György - Történeti fedélszerkezetek - Barokk stílusú tetőszerkezet torokgerendás szaruzattal

A talp- és derékszelemeneknél ötszögletű gerendákat használtak azért, hogy az erők átadása minél jobban végbe menjen. Rendszerint a ferde dúcok és a torokgerendák sarkainál könyökfák segítették a merevítést, valamint a terpesztésből származó húzó erőket az összekötő gerenda veszi fel. A szarufák a keret felső sarkainál és az összekötő gerendákon lettek megtámasztva, valamint a felső csúcs különálló háromszöggé lett ültetve az eddig elkészült szerkezetre. Ha a szerkezetben oszlopok vannak, akkor azok rendszerint függesztettek, szerepük nem a függőleges terhek levezetése az összekötő gerendára, hanem inkább a hónaljfák alsó megtámasztása, melyek hosszirányban merevítik a tetőszerkezetet. Abban az esetben, mikor nincsenek oszlopok, ekkor a hosszirányú merevítést a keresztirányú merevítő keret síkjában elhelyezett ferde megtámasztások alkotják (4. sz. ábra bal oldalán láthatók). Alapjában véve a barokk stílusú fedélszék szerkezetek merevítéséből eltűntek a teljes átmenő páros dúc-könyök támasztások harmados lapolással, helyükre a különválasztott merevítések kerültek. A merevítő keretek oda kellett, hogy kerüljenek, ahol a talpszelemenek pont alátámasztották azokat, így nem okozott hajlítást a szerkezetben. Több szint építésénél is elemes rendszerben építkeztek, a szerkezetet szintenként építették meg, ideiglenes alátámasztásokkal.



5. ábra Fátrai György - Történeti fedélszerkezetek - Barokk stílusú épületek térbeli merevítése

Mivel a fejlődés nem egyik napról a másikra történt meg, így természetesen léteznek a mai napig olyan fedélszék szerkezetek melyek egyes elemeiben Gótikus, másokban Barokk jegyeket mutatnak. A szerkezetekben, mivel néhol ferde merevítő gerendák vannak, nem mondható el, hogy fő- és mellék-szaruállások vannak benne, vagyis a kettéválasztás itt is elmondható, de mivel a merevítő elemek nem párhuzamosak a szarufákkal (síkjukban döntöttek) ezért fő- és mellékállásnak nevezhetjük őket. Az 5. sz. ábrán látható a barokk stílusú épületek térbeli merevítése, a 6. sz. ábrán pedig a különböző szintszámú fedélszékek kialakításai. A sarokmerek kapcsolat kialakítása minden esetben fontos volt, mivel egy négycsuklós tartószerkezet túlhatározott, ezért stabilitási problémái lettek volna a szerkezetnek. Ezt a sarkokban elhelyezett könyökfákkal oldották meg. A 6. sz. ábrán is látható, hogy az oszlopok minden esetben függesztettek voltak, de a gótikus stílusú fedélszékeknel megszokottaktól ellentétesen itt nem a szarufákra voltak terhelve, hanem a vele párhuzamosan húzódó merevítő keretre. A merevítő keretek felett rendszerint torokgerenda húzódott a szarufák megtámasztására.



6. ábra Fátrai György - Történeti fedélszerkezetek – 1-4 szintű fedélszékek kialakítása barokk stílusú épületnél

2.4. Eklektikus stílusú tetőszerkezetek

A XIX. században az ipari fejlődés, a méretezési eljárások elterjedése, az acélipar megerősödése a fedélszék szerkezetek változását is okozta. A fafeldolgozás felgyorsult az új gőzfűrészgépek megjelenésével. Ezekben a szerkezetekben már nem csak a fa dominált, hanem vegyesen fa, öntöttvas, acél. A szerkezeteket már nem tapasztalati úton tervezték, építették, hanem valódi méretezési eljárások használatával. A szerkezetek lényege a nevéből adódott. Az eklektika szó jelentése válogatni, kiválogatni. Az eddig alkalmazott, bevált rendszerekből a legjobbakat válogatták ki és ezeket alkalmazták. Maradtak a barokk stílusú szerkezetekből a külön választott szaruzat és az azt hordozó tartószerkezet, a függesztett oszlopok és a feszítőművek. A melegen hengerelt acél gerendákat a fa elemekkel kombinálva használták. Ekkor jelentek meg a fa elemekből elkészített rácsos tartószerkezetek is.

2.5. Mérnöki fa fedélszékek

A XX. században a mérnöki számítások és kapcsolati méretezések fejlődésével jogos érdek merült fel, miszerint a tetőszerkezet szerkezeti elemeit, kapcsolatait méretezve, minél kevesebb anyag felhasználásával, minél biztonságosabb tetők készülhessenek. Így tovább fejlesztették a rácsos tartókat, megjelentek a ragasztott tartók, a rétegelt, ragasztott szerkezetek, illetve az illesztéseknél eltűntek a hagyományos ácskötések, helyüket átvették az újonnan elterjedt acél vasalatok, hevederek, szeglemezek, szegezőlemezek. Ezek az új kapcsolati elemek már olyan bevonatot kaptak, aminek köszönhetően kevésbé rozsdásodnak. Az új kapcsolati elemek nemcsak azért jobbak az ácskötéseknél mert könnyebb kivitelezni, hanem azért is, mert ezek már nem gyengítették az egyes tartószerkezeti elemeket, mint például egy feles lapolás. A szerkezetek elemei és kapcsolatai minden esetben tartószerkezeti számítással méretezendők.

3. A terv ismertetése

3.1. Műszaki leírás

3.1.1. Előzmények

A megbízást az Óbudai Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar Geotechnikai és Tartószerkezeti Tanszéktől 2024. februárjában kaptam (Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.). A tervet a Kiszombor Nagyközségben található Római Katolikus Nagyboldogasszony-templom tetőszerkezetének felmérése alapján készítettem. A terv

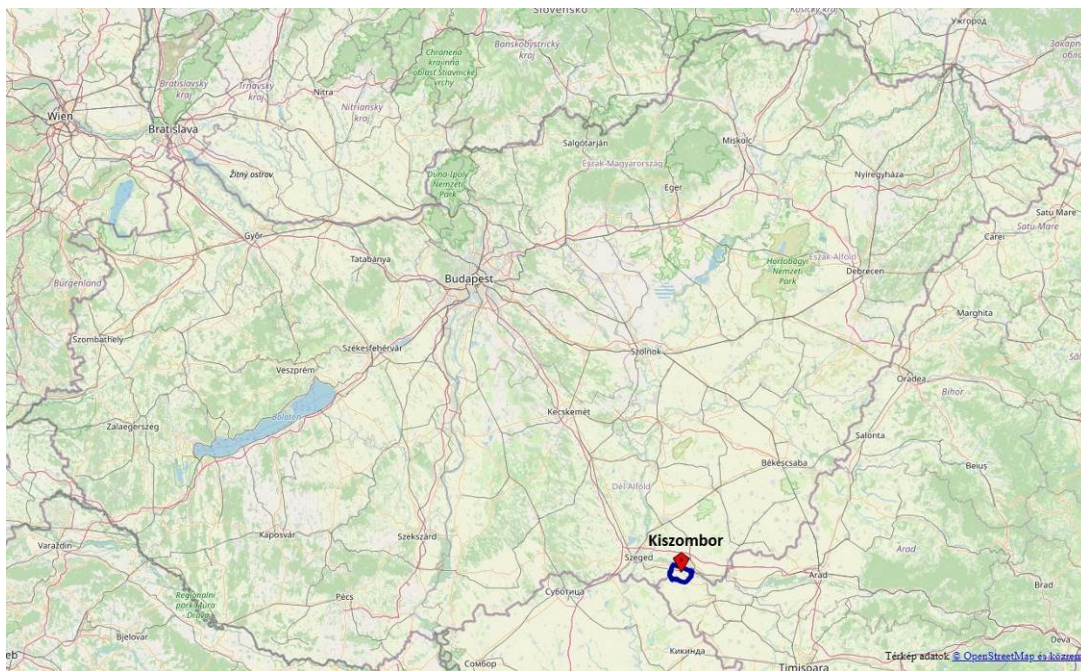
egy meglévő építmény tartószerkezeti ellenőrzését tartalmazza. A felméréskor Varga Attila Atya betekintést engedett az eredeti Országos Műemléki Felügyelőség terveibe. A tervrajzok 1982-ben készültek, de sajnálatos módon hiányoztak a fedélszékről készített tervek.

A templom mellett álló körtemplom (Rotunda) műemlékvédelem alatt álló kegyhely, amely az Árpád-korból maradt fent (XII-XIII. sz.). 1744-ben kápolnát építettek a körtemplomhoz, melyet 1776-ban kibővítettek 18m x 10m széles hajóvá. 1904-ben a templom tornyát el kellett bontani, mert egy vihar megrongálta, majd 1910-ben Csányi Károly műegyetemi tanár tervei alapján újjáépítették. A felújítás során az épület a barokk helyett neoromán stílusjegyeket kapott. Az épület Önkormányzati védelem alatt áll.

3.1.2. Adatok

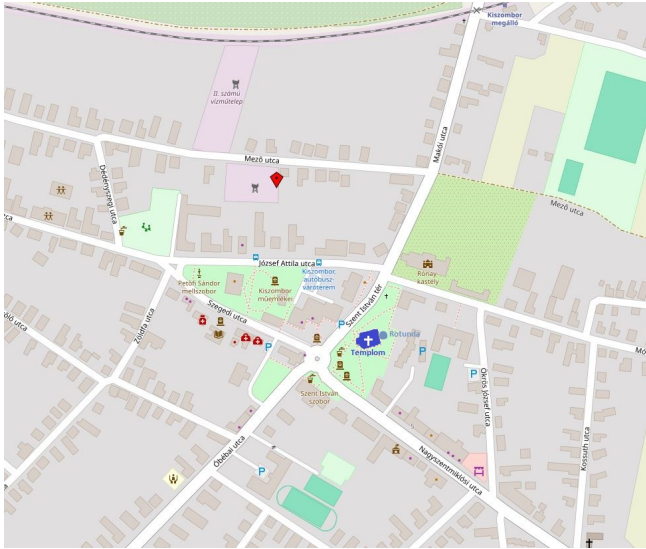
A település az Alföldön található, nagyjából vízszintes, körülbelül 74mBf magasságban.

A templom címe: Kiszombor, Szent István tér 3, 6775.



7. ábra Kiszombor nagyközség - Fotó: OpenStreetMap

Az épület a XX. századi szétválasztás után külön áll a Rotundától. Egy négyzet alakú épület a település középpontjában áll, melynek két oldalán belül két kisebb hosszanti helység található, az alsó részen a misékkal kapcsolatos eszközök találhatók, ezek felett két oldalt karzat van, illetve a bejárat fölötti részen egy orgona. A tetőre, illetve az emeleti



8. ábra A templom helyzete - Kép: OpenStreetMap

kialakítású. A régi Rotundával összekötő részen, ahol most belül a templom oltára található, ott a külső síktól egy beszögellés található, ahol a tetőszerkezet is rövidebb.

részre a toronyban található fa lépcsőszerkezeten lehet feljutni. A tető mennyezet feletti alaprajza egy T alakú tér, amely két oldalt a karzatok felett tovább lejt. Így a karzatok feletti tető alacsonyabban van a mennyezetnél, de a két tetőrész síkja egy vonalban van. A T alak „szára” nyeregteret, a bejárat felől oromfallal, a T alak „fejrésze” két oldalt kontyolt



9. ábra Kiszombori Nagyboldogasszony-Templom látképe - Fotó: Kiss László

3.1.3. Szabványok

Az ellenőrzési számítások során EN 1995-1-1: Eurocode 5 szabványt vettem figyelembe a fa szerkezet ellenőrzéséhez és EN 1991 Eurocode 1 szabványt a terhek felvételekor. Azért az Eurocode szabványra esett a választás, mert ezzel a szabvánnyal történő számítás nagyobb biztonságot ad a Magyar Szabvánnyal szemben, továbbá mikor a szerkezet készült még a Magyar Szabvány sem létezett, így ez esetben az ellenőrzést végzőre van bízva a szabvány választása.

3.1.4. Könyvek

A település és a templom történetét bemutató Kiszombor Története I-II című könyveket használtam, mely digitalizált formában a település weboldalán is megtalálható.



10. ábra Kiszombor története

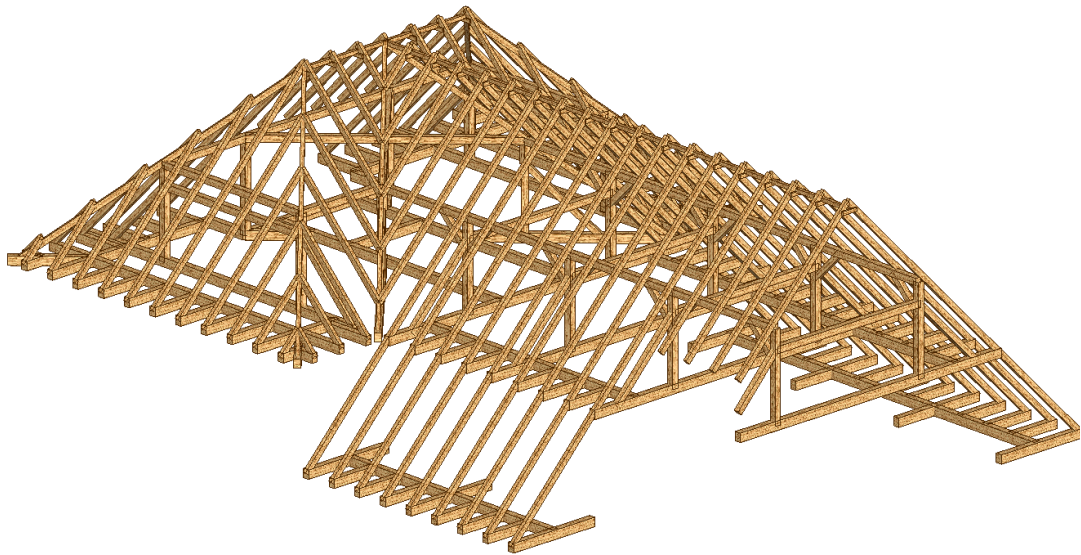
3.1.5. Tervek

A megtekintett tervek a fedélszék szempontjából nem voltak felhasználhatók, viszont átfogó képet adtak az építményről.

3.2. Tartószerkezet ismertetése

A tető tartószerkezete alapján egy kétállószékes fedélszék szerkezet. Az épület barokk stílusúként épült, így a fedélszék szerkezet is ilyen, a födém nem terhelhető, ezért a falak

között megtámasztás nincs, mindenhol a falakra terhelnek a főkeretállás kötőgerendái. Az alsó szint kötőgerendáinak végei be vannak falazva a közbenső falba, ezzel veszik fel a függőleges terheket. A méretezés során megállapításra került, hogy a legnagyobb kihasználtság a tetőszerkezet T szárának kontyolt végében lévő gerinc szarufában a legnagyobb, a számítási mellékletben ezt igazoltam. Az SLS kihasználtsága nem számottevő, de az ULS kihasználtsága 81%.

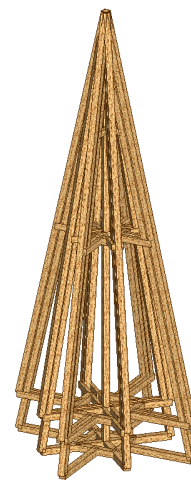


11. ábra Fő tetőszerkezet látványterv

A bejáratnál balra található torony egymás felett elhelyezett kettős keret, amely összesen négy szinten van vízszintesen merevítve. A torony függőleges terhekre történő méretezése nem mértékadó, már csak azért sem, mert a tetőhajlás miatt hőteherrel számolni nem kell.



13. ábra Torony belülről



12. ábra Torony látványterve

3.2.1. A tetőszerkezet

A fedélszék szerkezet négyszög alaprajzú. A tetőtér T alakú, a szára oromfalas kialakításban végződik, a T alak felső része (oltár felé) mindkét irányban kontyolt kialakítású. A T alak felső középső részénél van az oltár kialakítva, itt a templom fala beljebb van húzva, ezért a tetőszerkezet is ott van kivágva. Ezen a részen volt a régi épület összeépítve a körtemplommal. A „beharapás” (14. sz. ábra) egybe esik a fedélszék szerkezetnél a keretsík merevítéshez szükséges fő székállás oszlopainak tengelyével, ezért kiváltásra nem volt szükség (16. sz. ábra).



14. ábra Épület "beharapása" alaprajzi értelemben

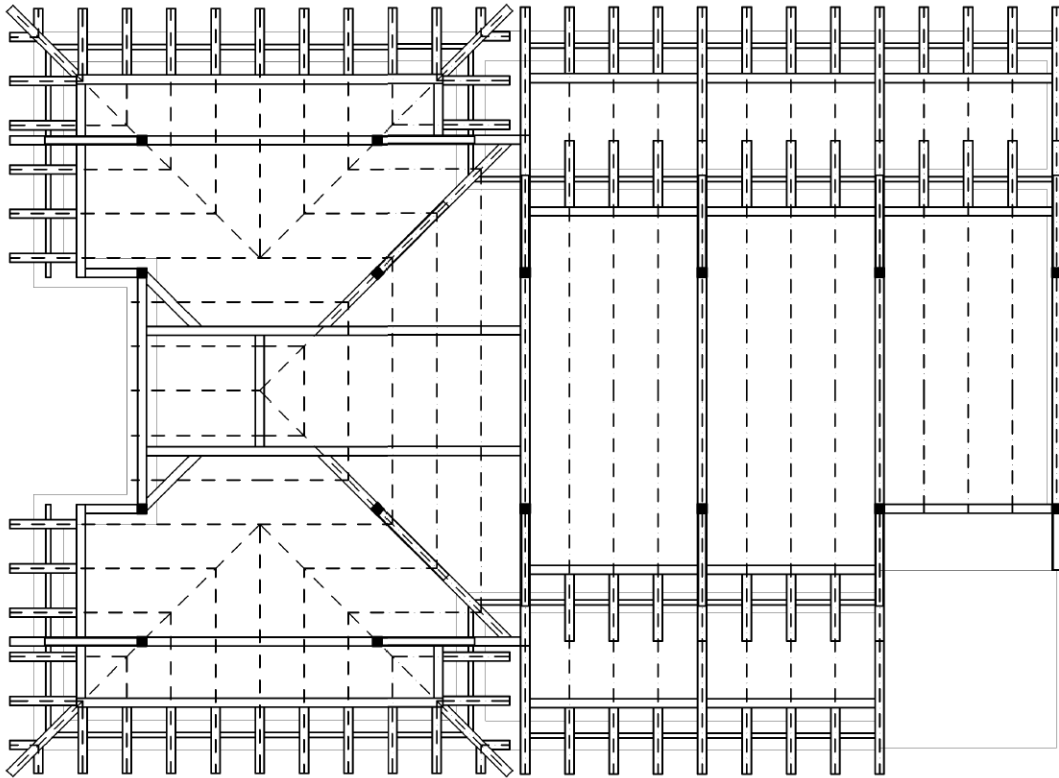
A tetőtérbe történő feljutás a már tárgyalt módon

a toronyban lévő falépcsőn történik. A tetőtérbe történő bejutás egy viszonylag kis kibúvón keresztül történik (15. sz. ábra), ami felett fa áthidalót helyeztek el. A fedélszék szerkezet egy hagyományosnak nevezhető kétállószerű fedélszék. Az oltár fölötti kontyolt tetőrészben a felső összekötő gerenda keresztbe lett



15. ábra Tetőfeljáró

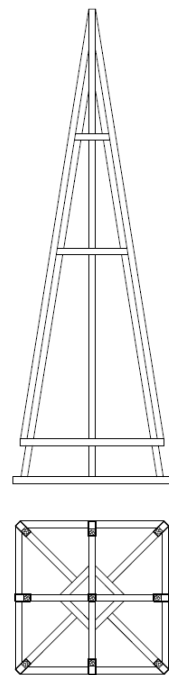
vezetve, ezzel is merevítve mind kereszt, mind hosszirányban a szerkezetet. Az oromfalnál a keretállás a fal síkján belül lett elhelyezve. A hosszirányú merevítés könyökfákkal lett megoldva. A fő keretállások alsó összekötő gerendát kaptak, amely a vízszintes erőket veszik fel, ezért húzottak. Viszonylag nagy keresztmetszete miatt a kihasználtságuk kicsi. Az oszlopok függesztettek, húzóerő keletkezik bennük (a könyökfák miatt), így terhet nem ad le a kötőgerendára, ezért nem hajlított a kötőgerenda. Az egyes gerenda típusok kihasználtságát a számítási melléklet tartalmazza. Az alaprajzi kialakítást a terv melléklet S01, S02 tervlapja és a 16. sz. ábra tartalmazza.



16. ábra Alaprajz

3.2.2. A torony

A torony egy kétszeres gúlaszerkezet egymás felett, 1 m magasságkülönbséggel. Szarufa minden sarokban és oldalfelezőben is van mindkét szinten, tehát mindegyik duplázva van. Középen egy függesztett oszlop található. A szerkezet a 16. sz. ábrán láthatóan 4 szinten merevített az S03 terv szerinti módon. A toronyban lévő szerkezeti elemek ULS és SLS szerinti kihasználtsága is alacsony. A mértékadó terhelésekre történő minimum-maximum függőleges támaszerők alapján ellenőriztem a szerkezet globális stabilitását oly módon, hogy egy ponton sem lehet a szerkezetben lehorgonyzó erő. Az ellenőrzésnél figyelembe vettem, hogy az első-második merevítő szint között NM téglafal van, ezért a téglafal súlyának 80%-át figyelembe vettem a támaszerők számításánál.



17. ábra Torony

3.3. Építési sorrend

A fedélszék szerkezet feltételezett építési fázisai voltak:

- Talpszelemen összekötése a koszorúval
- Fő keretállások összeállítása a tető szinten
- Ideiglenes megtámasztások alkalmazásával ezek felállítása
- Derékszelemen beépítése, hosszmerőítő könyökfák beépítésével együtt
- Szarufák beépítése, taréjszelemen és fogópárok elhelyezésével együtt.

Az ácskötések kialakítása a helyszínen történt.

3.4. Anyagminőségek

A tetőszerkezet faanyagának minőségéről nincs fellelhető adatom, ezért C24 minőségű anyagot feltételeztem a biztonság javára. Templomok tetőszerkezetéhez mindig puhafát, és ebből a legjobb minőséget használtak.

Ennek az anyagnak a szilárdsági, merevségi értékei a következők:

Szilárdsági értékek (N/mm ²)			
Hajlítás		$f_{m,k}$	24
Húzás	Rosttal párhuzamos	$f_{t,0,k}$	14
	Rostra merőleges	$f_{t,90,k}$	0,4
Nyomás	Rosttal párhuzamos	$f_{c,0,k}$	21
	Rostra merőleges	$f_{c,90,k}$	2,5
Nyírás		$f_{v,k}$	2,5
Merevségi értékek (kN/mm ²)			
Rugalmassági modulus			
Rosttal párhuzamos átlagértéke		$E_{0,mean}$	11
5%-os küszöbértéke		$E_{0,05}$	7,4
Rostra merőleges átlagértéke		$E_{90,mean}$	0,4
Nyírási modulus átlagértéke		G_{mean}	0,69
Sűrűség (kg/m ³)			
Átlagos sűrűség		ρ_{mean}	420

Stabilitási anyagjellemzők		
k_c tényező számításához kihajlásvizsgálatnál	λ_E	59
k_{crit} tényező számításához kifordulásvizsgálatnál	$\lambda_{E,m}$	15,5

3.5. Gyengített keresztmetszetek

Az ácskötések helyénél minden esetben valamelyik faanyagból kivágás történik, ezért vizsgálni szükséges, hogy a fedélszék szerkezet gyengített keresztmetszeivel is megfeleljen-e teherbírási a tartó. Ezek a kapcsolatok nem ragasztott kapcsolatok, ezért az együttdolgozás nyomásnál a felületek egymásnak feszülésével, húzásnál pántolással, idegencsappal, ácskapocccsal, ékeléssel történik. Az Axis végeelem szoftver fatartók esetén négyszög, illetve kör keresztmetszettel tud csak kihasználtságot számolni. Ahhoz, hogy megtudjuk, hogy a kérdéses keresztmetszetek megfelelnek-e, a húzó-nyomó és nyírófeszültségek értékeit kell figyelembe venni. A gépi számítási melléklet részénél ezeket részletezem. A számítást külön modellen végeztem, azzal az eredménnyel, hogy bár nőttek a feszültségek értékei, de nem számottevően, mivel olyan tartó részekén vannak ácskötések, ahol amúgy is viszonylag kis feszültségek vannak, melyet a végeelem szoftver számításai kimutatnak a számítási mellékletben.

A végeelem szoftverrel történő számításból látszik, hogy a mértékadó elem kihasználtsága nem nőtt számottevően.

3.6. Keresztmetszet optimalizáció

A már megépített fedélszék szerkezet nagy valószínűséggel tapasztalati úton lett tervezve. A végeelem szoftverrel történő számítás eredményeképpen az látható, hogy több helyen rendkívül alacsony a kihasználtság. A legnagyobb kihasználtságokat a szarufákon, illetve a középszelemeneken tapasztaltam, ott is inkább a már tárgyalt kúszás okozta lehajlások miatt. ULS határállapotban a kihasználtságok a fedélszék szerkezetben szinte mindenhol alacsonyak.

Megvizsgáltam annak a lehetőségét, hogy ha ma terveznénk Eurocode 5 szerint a szerkezetet, akkor milyen ésszerű keretek között lehetne úgy felvenni a keresztmetszeti méreteket, amely még megfelel mind az ULS, mind az SLS határállapotnak. Arra is figyelemmel kellett lennem, hogy az egymáshoz csatlakozó szerkezetek méretei összeférhetőek legyenek, tehát például egy szélesebb oszlop nem ülhet fel keskenyebb

gerendára. Az AXIS végeelem szoftverrel történő elem keresztmetszet optimalizáció eredményét a számítási mellékletben csatoltam csökkentett tartalommal, amely csak a kihasználtságokat és a keresztmetszetek végleges méreteit tartalmazza. Az optimalizálható keresztmetszetek az alsó összekötő gerendák, fiókváltók, fiókgerendák. A taréjszelemen alacsony kihasználtságú, de 10/10 méretéből nem csökkentettem, mivel elvesztené a funkcióját, mely szerint egyenes irányban vezeti meg a tető gerincét. Ha kisebb keresztmetszetű lenne, nem lenne elég merevsége ehhez. A gyengítéseket egységesen 1/3-1/3 keresztmetszet mérettel vettem figyelembe 10 cm hosszon.

Súly anyagok szerint (optimalizált keresztmetszetekkel)

	Anyag neve	ρ [kg/m ³]	ΣV [m ³]	ΣG [kg]
1	C24	420	19,926	8369,098
	Összesen		19,926	8369,098

Súly anyagok szerint (Meglévő keresztmetszetekkel)

	Anyag neve	ρ [kg/m ³]	ΣV [m ³]	ΣG [kg]
1	C24	420	26,133	10976,067
	Összesen		26,133	10976,067

A megspórolható tömeg: $10\,976,067 - 8\,369,098 = 2\,606,969$ kg, tehát **2,6 tonna**. (23,75%)

3.7. Összefoglaló

Számításaim alapján a meglévő szerkezet (főtető és torony), az optimalizált szerkezet, a gyengített keresztmetszetekkel számolt keresztmetszet is megfelel mind használhatósági, mind tervezési határállapotban. Az eredményeket a számítási melléklet tartalmazza.

4. Számítási melléklet

4.1. Teherelemzés

A tartó ellenőrzésénél az alábbi terheket vettem figyelembe:

- Tartós terhek
 - Önsúly
 - Rétegtrend
 - Toronynál az alsó szinten a további felmenő téglafal súlya (mint leterhelő erő)
- Esetleges terhek
 - Szélteher
 - Hóteher (Torony esetében a nagy tetődőlés miatt nem mértékadó)

Tartós terhek

Parciális tényezők

$\gamma_{G.t}=1,35$ Teherbírési határállapotban

$\gamma_{G.h}=1,00$ Használati határállapotban

$\gamma_{G.A}=1,00$ Rendkívüli tervezési helyzetben

$\psi_0 = \psi_1 = \psi_2 = 1$

Önsúlyteher

Térfogatsúlyok:

$\rho_{fa}=420 \text{ kg/m}^3$ $\gamma_{fa}=\rho_{fa} \cdot g=4,119 \text{ kN/m}^3$

$g_{taréjszelemen}=0,1 \cdot 0,1 \cdot \gamma_{fa}=0,041 \text{ kN/m}$

$g_{fogópár}=2 \cdot 0,05 \cdot 0,1 \cdot \gamma_{fa}=0,041 \text{ kN/m}$

$g_{szarufa}=0,1 \cdot 0,15 \cdot \gamma_{fa}=0,062 \text{ kN/m}$

$g_{duc}=0,15 \cdot 0,15 \cdot \gamma_{fa}=0,093 \text{ kN/m}$

$g_{oszlop}=0,18 \cdot 0,18 \cdot \gamma_{fa}=0,133 \text{ kN/m}$

$$g_{\text{összekötő}}=0,18*0,24*\gamma_{fa}=0,178 \text{ kN/m}$$

$$g_{\text{középszelemen}}=0,18*0,18*\gamma_{fa}=0,133 \text{ kN/m}$$

Rétegrend terhe

tetőléc súlya (/m²)

$$db_{léc}=1/0,26=3,846 \text{ db/m}$$

$$m_{léc}=db_{léc}*l=3,846\text{m}$$

$$g_{léc}=m_{léc}*0,03*0,05*\gamma_{fa}=0,024 \text{ kN /m}^2$$

cserép súlya (/m²)

$$g_{\text{cserép}}=54,7 \text{ kg}*g=0,536 \text{ kN/m}^2$$

Rétegrend összesen:

$$g_{rr}=g_{léc}+g_{\text{cserép}}=0,56 \text{ kN/m}^2$$

Hóteher számítás

Biztonsági tényezők

Általános hóteher

$$\lambda_{H,t}=1,5 \text{ teherbírasi határállapotban}$$

$$\lambda_{H,h}=1,0 \text{ használati határállapotban}$$

$$\lambda_{HA}=1,0 \text{ Rendkívüli teherbírasi helyzetben}$$

$$\psi_0=0,5; \psi_1=0,2; \psi_2=0,0$$

$$A=74\text{m}$$

$$C_e=1$$

$$C_t=1$$

$$\alpha=45,337^\circ$$

$$\mu_2=0,8 \text{ (akadályozott hólecsúszás)}$$

$$s_k=1,25$$

$$s=C_e*C_t*\mu_2*s_k=1 \text{ kN/m}^2$$

Rendkívüli hóteher

$$C_{esl}=2$$

$$s_{AD}=C_{esl}*s_k=2,5$$

Szélteher számítás

Biztonsági tényezők

$$\lambda_{sz.t}=1,5 \text{ teherbírési határállapotban}$$

$$\lambda_{sz.h}=1,0 \text{ használati határállapotban}$$

$$\lambda_{sz.A}=1,0 \text{ Rendkívüli teherbírési helyzetben}$$

$$\psi_0=0,5; \psi_1=0,2; \psi_2=0,0$$

Beépítettségi (terep) osztály: III (alacsony beépítés, külvárosi övezet)

$$v_{b0}=23,6 \text{ m/s}$$

$$c_{dir}=1$$

$$c_{season}=1$$

$$c_0=1$$

$$q_{p.z}=0,617 \text{ (11m)}$$

$$v_b=v_{b0}*c_{dir}*c_{season}=23,6 \text{ m/s}$$

$$c_e=1,85$$

levegő sűrűsége: $\rho_b=\rho_l/2*v_b^2=0,348 \text{ kN/m}^2$ *felületre ható átlagos torlónyomás értéke*

$$q_p=c_e*q_b=0,644 \text{ kN/m}^2$$

$\theta=0^\circ$ szélirányhoz

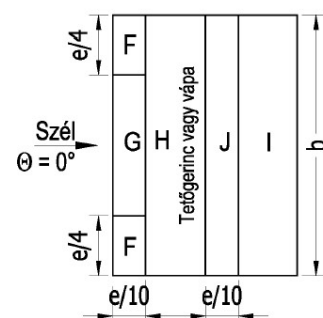
$$F: C_{pe10}=0,7$$

$$G: C_{pe10}=0,7$$

$$H: C_{pe10}=0,6$$

$$I: C_{pe10}=-0,2$$

$$J: C_{pe10}=-0,3$$



$\theta=90^\circ$ szélirányhoz

F: $C_{pe10}=-1,1$ $C_{pe1}=-1,5$

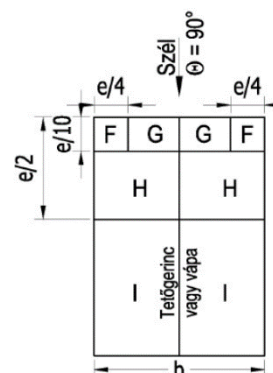
G: $C_{pe10}=-1,4$ $C_{pe1}=-2,0$

H: $C_{pe10}=-0,9$ $C_{pe1}=-1,2$

I: $C_{pe10}=-0,5$ $C_{pe1}=-0,5$

$$C_{pe,A}=C_{pe1}*(C_{pe,10}-C_{pe1})*\log(A)$$

$$w_e=C_{pe}*q_p$$

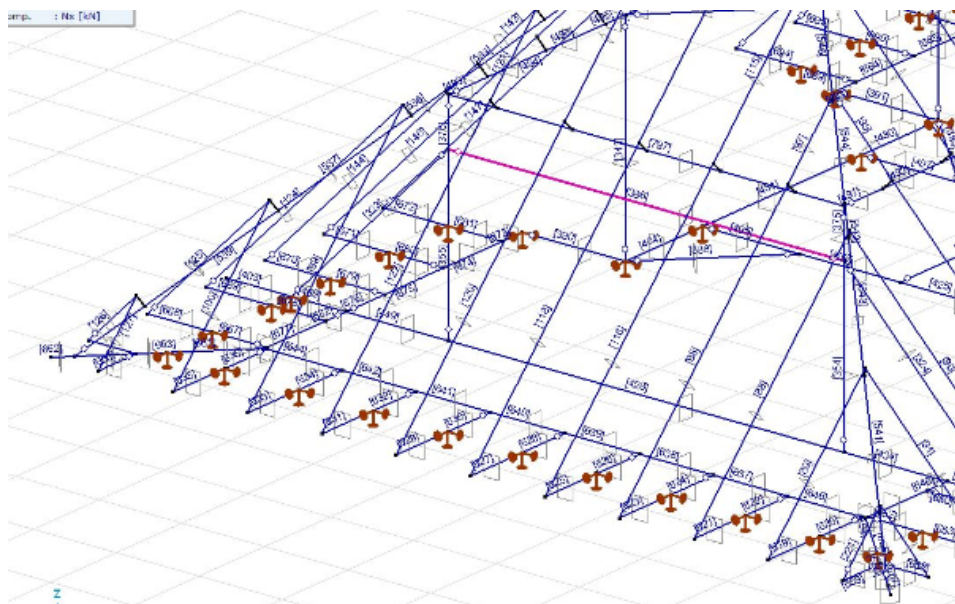


4.2. Kézi számítások

A Megrendelő kérésére kézi számítással is ellenőriztem a meglévő szerkezet két elemét.

A két elem a kontyolt tetőrész felső keretrúdja, nyomott rúdként, és a T tetőrész szárának alsó részén található szarufa hajlított rúdként.

4.2.1. Felső összekötő fa kézi számítás (386. sz. rúdelem)



Anyag C24

$f_{mk}=24 \text{ MPa}$ $f_{t,0,k}=14 \text{ MPa}$ $f_{t,90,k}=0,4 \text{ MPa}$

$f_{c,0,k}=21 \text{ MPa}$ $f_{c,90,k}=2,5 \text{ MPa}$ $f_{v,k}=4 \text{ MPa}$ $\gamma_M=1,3$

$E_{0,mean}=11,000 \text{ MPa}$ $E_{0,05}=7400 \text{ MPa}$

$$E_{90,\text{mean}}=400 \text{ MPa}$$

$$G_{\text{mean}}=690 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{mean}}=420 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda_E=59$$

$$\lambda_{E,m}=15,5$$

Keresztmetszet

$$h=180 \text{ mm}$$

$$b=180 \text{ mm}$$

$$A=h \cdot b=32.400 \text{ mm}^2 \quad I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = 87.480.000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = \frac{b^3 \cdot h}{12} = 87.480.000 \text{ mm}^4 \quad w_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = 972.000 \text{ mm}^3$$

$$w_y = \frac{b^2 \cdot h}{6} = 972.000 \text{ mm}^3 \quad L=4,77 \text{ m}$$

$$i_{s,y} = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = 51,962 \text{ mm}$$

$$i_{s,z} = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 51,962 \text{ mm}$$

Teherbírási ellenőrzés

Normál erő

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi** $k_{\text{mod},p}=1.1$ (szél kiemelt)

Maximális terhelőerő: $N_d = -33,6 \text{ kN}$

Nyomásból származó feszültség: $\sigma_{c.0.d} = \frac{|N_d|}{A} = 1,099 \text{ MPa}$

Nyomási teherbírás: $f_{c.0.d} = \frac{k_{\text{mod},p} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 17,769 \text{ MPa}$

Kihasználtság: $\eta_{ny} = \frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} = 6,184\%$ **Megfelelt** ✓

Hajlítás (y)

Teheridőtartam-osztály: **Állandó** $k_{\text{mod},p}=0.6$ (önsúly, hasznos kiemelt)

Maximális terhelőnyomaték: $M_y = -0,51 \text{ kNm}$ $k_{h,y}=1$

Hajlításból származó nyomófeszültség: $\sigma_{m.y.d} = \frac{|M_y|}{w_y} = 0,525 \text{ MPa}$

Hajlítási teherbírás y irányban: $f_{m.y.d} = \frac{k_{\text{mod},p} \cdot k_{h,y} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 11,077 \text{ MPa}$

Kihasználtság: $\eta_{hy} = \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 4,737\%$ **Megfelelt** ✓

Hajlítás (z)

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi** $k_{mod,p}=1.1$ (szél kiemelt)

Maximális terhelőnyomaték: $M_y=0$ kNm

Megfelelt ✓

Nyírás (y)

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi** $k_{mod,p}=1.1$ (szél kiemelt)

Maximális terhelőerő: $V_{yd}=0$

Megfelelt ✓

Nyírás (z)

Teheridőtartam-osztály: **Állandó** $k_{mod,p}=0.6$ (önsúly, hasznos kiemelt)

Maximális terhelőerő: $V_{zd}=-0,43$ kN $k_{cr}=0,67$

Nyírásból származó feszültség: $\tau_{v.z.d} = \frac{1,5 \cdot |V_{zd}|}{k_{cr} \cdot A} = 0,03$ MPa

Nyírási teherbírás z irányban: $f_{v.z.d} = \frac{k_{mod,\dot{a}} \cdot f_{v.k}}{\gamma_M} = 1,846$ MPa

Kihasználtság: $\eta_{Mx} = \frac{\tau_{vz.d}}{f_{v.z.d}} = 1,069\%$ **Megfelelt** ✓

Csavarás

Teheridőtartam-osztály: **Közepes idejű** $k_{mod,k}=0,8$ (hó kiemelt)

Maximális csavarónyomaték: $T_x=0,01$ kNm

Csavarásból származó nyírófeszültség: $T_{tor.d}=0,007$ MPa

Csavarási teherbírás: $f_{tor.d} = \frac{k_{mod,k} \cdot f_{v.k}}{\gamma_M} = 2,462$ MPa

$$k_{shape} = \min \left\{ 1 + 0,05 \frac{b}{h}, 1,3 \right\} = 1,05$$

Kihasználtság: $\eta_{Mx} = \frac{\tau_{tor.d}}{k_{shape} \cdot f_{tor.d}} = 0,271\%$ **Megfelelt** ✓

Interakciós vizsgálatok

Normálerő – Hajlítás

Teheridőtartam-osztály: **Állandó** $k_{mod,p}=0.6$ (önsúly, hasznos kiemelt)

$k_m=0,7$ (téglalap keresztmetszet)

$$\eta_{1.n.h} = \left(\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 + \frac{|\sigma_{m.y.d}|}{f_{m.y.d}} + k_m \frac{|\sigma_{m.z.d}|}{f_{m.z.d}} = 5,119\%$$

$$\eta_{2.n.h} = \left(\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 + k_m \frac{|\sigma_{m.y.d}|}{f_{m.y.d}} + \frac{|\sigma_{m.z.d}|}{f_{m.z.d}} = 3,698\%$$

$\eta_{N.M} = \max(\eta_{1.n.h}, \eta_{2.n.h}) = 5,119\%$ **Megfelelt** ✓

Normálerő – Hajlítás – Kihajlás

Teheridőtartam-osztály: **Közepes idejű** $k_{mod,k}=0,8$ (hó kiemelt)

$K_{yy}=1$ $K_{zz}=1$ $\beta_c=0,2$ (tömör fa)

$$\lambda_y = \frac{K_{yy} \cdot L}{i_{s,y}} = 91,799$$

$$\lambda_z = \frac{K_{zz} \cdot L}{i_{s,z}} = 91,799$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0,05}}} = 1,557$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0,05}}} = 1,557$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 1,837$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 1,837$$

$$k_{c,y} = \min \left\{ \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \right\} = 0,355$$

$$k_{c,z} = \min \left\{ \frac{1,}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,355 \right.$$

$$\eta_{1.n.h.k} = \frac{|\sigma_{c.o.d}|}{k_{c,y} \cdot f_{c.o.d}} + \frac{|\sigma_{m.y.d}|}{f_{m.y.d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m.z.d}|}{f_{m.z.d}} = 22,131\%$$

$$\eta_{2.n.h.k} = \frac{|\sigma_{c.o.d}|}{k_{c,y} \cdot f_{c.o.d}} + k_m \frac{|\sigma_{m.y.d}|}{f_{m.y.d}} + \frac{|\sigma_{m.z.d}|}{f_{m.z.d}} = 20,710\%$$

$$\eta_{N.M} = \max(\eta_{1.n.h.k}, \eta_{2.n.h.k}) = 22,131\% \text{ Megfelelt } \checkmark$$

Normálerő – Hajlítás – Kifordulás

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi** $k_{mod,p}=1.1$ (szél kiemelt)

$$K_{LT}=1$$

$$d_L = 2 \cdot \max(h, b) = 360 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m.crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot (K_{LT} \cdot L + d_L)} \cdot E_{0,05} = 202,526 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel.m} = \sqrt{\frac{f_{m.k}}{\sigma_{m.crit}}} = 0,344 \quad k_{crit}=1$$

$$\eta_{1n.h.kf} = \frac{\sigma_{c.o.d}}{k_{c,z} \cdot f_{c.o.d}} + \left(\frac{|\sigma_{m.y.d}|}{k_{crit} \cdot f_{m.y.d}} \right)^2 = 17,619\%$$

$$\eta_{2n.h.kf} = \frac{|\sigma_{m.y.d}|}{k_{crit} \cdot f_{m.y.d}} = 4,737\%$$

$$\eta_{N.M.LTB} = \max(\eta_{1n.h.kf}, \eta_{2n.h.kf}) = 17,619\% \text{ Megfelelt } \checkmark$$

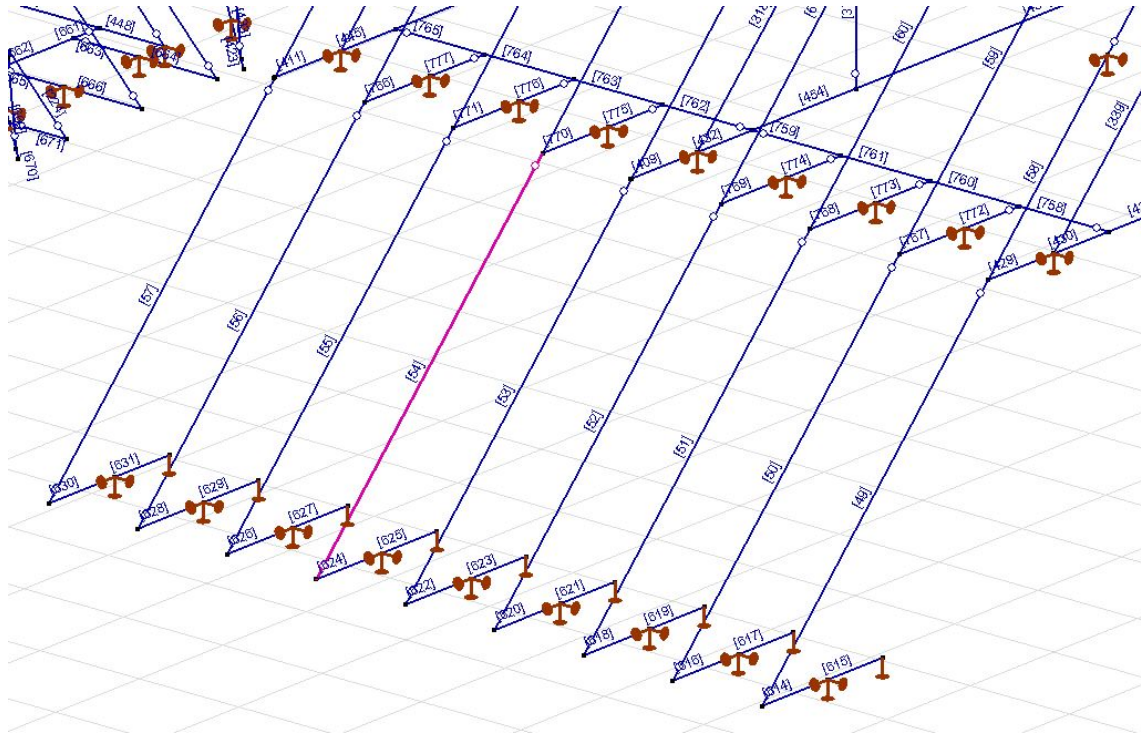
Csavarás – Nyírás

Mivel a csavarónyomaték elenyésző ezért nem mértékadó

Használhatósági határállapot

Mivel a tartóelemen ható hajlítónyomaték elenyésző, ezért nem mértékadó

4.2.2. Szarufa kézi számítás (54. sz. rúdelem)



Anyag C24

$$\begin{aligned}
 f_{mk} &= 24 \text{ MPa} & f_{t,0,k} &= 14 \text{ MPa} & f_{t,90,k} &= 0,4 \text{ MPa} \\
 f_{c,0,k} &= 21 \text{ MPa} & f_{c,90,k} &= 2,5 \text{ MPa} & f_{v,k} &= 4 \text{ MPa} & \gamma_M &= 1,3 \\
 E_{0,mean} &= 11,000 \text{ MPa} & E_{0,05} &= 7400 \text{ MPa} \\
 E_{90,mean} &= 400 \text{ MPa} & G_{mean} &= 690 \text{ MPa} \\
 \rho_{mean} &= 420 \text{ kg/m}^3 & \lambda_E &= 59 & \lambda_{E,m} &= 15,5
 \end{aligned}$$

Keresztmetszet

$$\begin{aligned}
 h &= 150 \text{ mm} & b &= 100 \text{ mm} \\
 A &= h \cdot b = 15.000 \text{ mm}^2 & I_x &= \frac{b \cdot h^3}{12} = 28.150.000 \text{ mm}^4 \\
 I_z &= \frac{b^3 \cdot h}{12} = 12.500.000 \text{ mm}^4 & w_y &= \frac{b \cdot h^2}{6} = 375.000 \text{ mm}^3 \\
 w_y &= \frac{b^2 \cdot h}{6} = 250.000 \text{ mm}^3 & L &= 3,852 \text{ m} \\
 i_{s,y} &= \sqrt{\frac{I_x}{A}} = 43,301 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$i_{s,z} = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 28,868 \text{ mm}$$

Teherbírás ellenőrzés

Normál erő

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi** $k_{mod,p}=1.1$ (szél kiemelt)

Maximális terhelőerő: $N_d = 4,72 \text{ kN}$

Nyomásból származó feszültség: $\sigma_{c.0.d} = \frac{|N_d|}{A} = 0,315 \text{ MPa}$

Nyomási teherbírás: $f_{c.0.d} = \frac{k_{mod,p} \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 17,769 \text{ MPa}$

Kihasználtság: $\eta_{ny} = \frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} = 1,771\%$ **Megfelelt** ✓

Hajlítás (y)

Teheridőtartam-osztály: **Állandó** $k_{mod,p}=0.6$ (önsúly, hasznos kiemelt)

Maximális terhelőnyomaték: $M_y = -2,79 \text{ kNm}$ $k_{h,y}=1$

Hajlításból származó nyomófeszültség: $\sigma_{m.y.d} = \frac{|M_y|}{W_y} = 7,44 \text{ MPa}$

Hajlítási teherbírás y irányban: $f_{m.y.d} = \frac{k_{mod,\acute{a}} \cdot k_{h,y} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 20,308 \text{ MPa}$

Kihasználtság: $\eta_{hy} = \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} = 36,636\%$ **Megfelelt** ✓

Hajlítás (z)

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi** $k_{mod,p}=1.1$ (szél kiemelt)

Maximális terhelőnyomaték: $M_y = 0 \text{ kNm}$

Megfelelt ✓

Nyírás (y)

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi** $k_{mod,p}=1.1$ (szél kiemelt)

Maximális terhelőerő: $V_{yd}=0$

Megfelelt ✓**Nyírás (z)**Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi** $k_{mod,p}=1.1$ (szél kiemelt)Maximális terhelőerő: $V_{zd}=-2,91$ kN $k_{cr}=0,67$ Nyírásból származó feszültség: $\tau_{v.z.d} = \frac{1,5 \cdot |V_{zd}|}{k_{cr} \cdot A} = 0,434$ MPaNyírási teherbírás z irányban: $f_{v.z.d} = \frac{k_{mod,\dot{a}} \cdot f_{v.k}}{\gamma_M} = 3,385$ MPaKihasznátltság: $\eta_{Mx} = \frac{\tau_{vz.d}}{f_{v.z.d}} = 12,832\%$ **Megfelelt** ✓**Csavarás**

A szerkezeti elemen nincs csavarás

Interakciós vizsgálatok**Normálerő – Hajlítás**Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi** $k_{mod,p}=0.6$ (önsúly, hasznos kiemelt) $k_m=0,7$ (téglalap keresztmetszet)

$$\eta_{1.n.h} = \left(\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 + \frac{|\sigma_{m.y.d}|}{f_{m.y.d}} + k_m \frac{|\sigma_{m.z.d}|}{f_{m.z.d}} = 38,8\%$$

$$\eta_{2.n.h} = \left(\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 + k_m \frac{|\sigma_{m.y.d}|}{f_{m.y.d}} + \frac{|\sigma_{m.z.d}|}{f_{m.z.d}} = 27,8\%$$

 $\eta_{N.M} = \max(\eta_{1.n.h}, \eta_{2.n.h}) = 38,8\%$ **Megfelelt** ✓**Normálerő – Hajlítás – Kihajlás**Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi** $k_{mod,k}=0,6$ (hó kiemelt)

$$\eta_1 = \frac{|\sigma_{m.y.d}|}{f_{m.y.d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m.z.d}|}{f_{m.z.d}} = 36,7\%$$

$$\eta_2 = k_m \cdot \frac{|\sigma_{m.y.d}|}{f_{m.y.d}} + \frac{|\sigma_{m.z.d}|}{f_{m.z.d}} = 25,7\%$$

$$\eta_{N.M.Buck} = \max(\eta_1, \eta_2) = 36,7\% \text{ Megfelelt } \checkmark$$

Normálerő – Hajlítás – Kifordulás

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi** $k_{mod,p}=1.1$ (szél kiemelt)

$K_{LT}=1$

$$\sigma_{Mcd} = |\sigma_{m.y.d}| - \sigma_{m.c.d} = 720 \text{ kN/mm}^2$$

$$\eta_{N.M.LTB} = \frac{\sigma_{Mcd}}{k_{crit} \cdot f_{m.y.d}} = 35,5\% \text{ Megfelelt } \checkmark$$

Csavarás – Nyírás

Mivel a csavarónyomaték elenyésző ezért nem mértékadó

Használhatósági határállapot

Végleges lehajlás: $L=3,852 \text{ m}$

$$q_g = A \cdot 420 \text{ kg/m}^3 = 0,062 \text{ kN/m}$$

$$\text{terhelési sáv: } s=0,898 \text{ m} \quad q_{rr}=0,6 \cdot 2,707/3,852 \cdot s \text{ kN/m}^2 = 0,379 \text{ kN/m}$$

$$q_{szél}=s \cdot 1 \text{ kN/m}^2 = 0,898 \text{ kN/m}$$

$$q = q_g + q_{rr} + q_{szél} + 0,5 \cdot q_{hó} = 1,654 \text{ kN/m}$$

A szél kiemelt, mivel az a nagyobb, a hónak a merőleges vetülete hat

$$w_{net.fin.z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E_{0.mean} \cdot I_x} = 15,326 \text{ mm}$$

$$w_{limit.z} = \frac{L}{150} = 25,68 \text{ mm}$$

$$\eta_{sls.v} = \frac{w_{net.fin.z}}{w_{lim.z}} = 59,68\% \text{ Megfelelt } \checkmark$$

4.3. Számítások AXIS végeleemes szoftverrel

4.3.1. Templom fedélszék számítások

Alapadatok

Anyagok

	Név	Típus	Nemzeti szabvány	Anyagszabvány	Modell	E _x [kN/cm ²]	E _y [kN/cm ²]
1	C24	Fa	Eurocode-H	EN 338:2009	Lineáris	1100	37

	Név	v	α _T [1/°C]	ρ [kg/m ³]
1	C24	0,20	8E-6	420

Szelvények

	Név	Rajz	Gyártás	Alak	h [cm]	b [cm]	A _x [cm ²]	A _y [cm ²]	A _z [cm ²]	I _y [cm ⁴]	I _z [cm ⁴]	α [°]
1	Taréjszelemen 10x10		Más	Tgl.	10,0	10,0	100,00	83,33	83,33	833,3	833,3	0
2	Fogópár 2x5x10		Más	Egyedi	10,0	20,0	100,00	0	0	833,3	5833,3	90,00
3	Szarufa 10x15		Más	Tgl.	15,0	10,0	150,00	125,00	125,00	2812,5	1250,0	0
4	Duc 15x15		Más	Tgl.	15,0	15,0	225,00	187,50	187,50	4218,8	4218,8	0
5	Oszlop 18x18		Más	Tgl.	18,0	18,0	324,00	270,00	270,00	8748,0	8748,0	0
6	Összekötő gerenda 18x24		Más	Tgl.	24,0	18,0	432,00	360,00	360,00	20736,0	11664,0	0
7	Középszelemen 18x18		Más	Tgl.	18,0	18,0	324,00	270,00	270,00	8748,0	8748,0	0

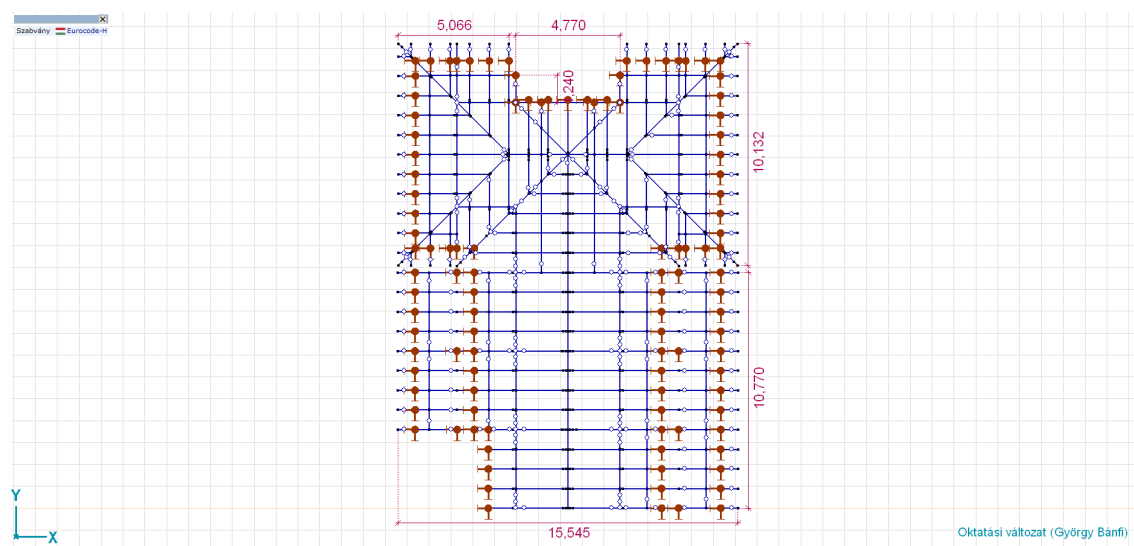
	Név	W _{1,el,t} [cm ³]	W _{1,el,b} [cm ³]	W _{2,el,t} [cm ³]	W _{2,el,b} [cm ³]	W _{1,pl} [cm ³]	W _{2,pl} [cm ³]
1	Taréjszelemen 10x10	166,7	166,7	166,7	166,7	250,0	250,0
2	Fogópár 2x5x10	583,3	583,3	166,7	166,7	750,0	250,0
3	Szarufa 10x15	375,0	375,0	250,0	250,0	562,5	375,0
4	Duc 15x15	562,5	562,5	562,5	562,5	843,8	843,8

	Név	$W_{1,el,t}$ [cm ³]	$W_{1,el,b}$ [cm ³]	$W_{2,el,t}$ [cm ³]	$W_{2,el,b}$ [cm ³]	$W_{1,pl}$ [cm ³]	$W_{2,pl}$ [cm ³]
5	Oszlop 18x18	972,0	972,0	972,0	972,0	1458,0	1458,0
6	Összekötő gerenda 18x24	1728,0	1728,0	1296,0	1296,0	2592,0	1944,0
7	Középszelemen 18x18	972,0	972,0	972,0	972,0	1458,0	1458,0

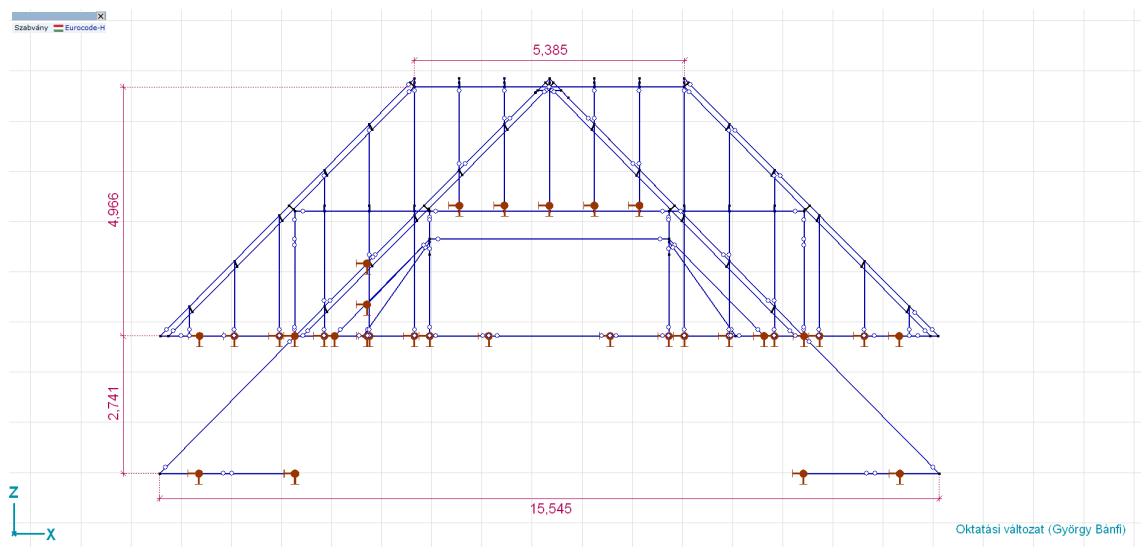
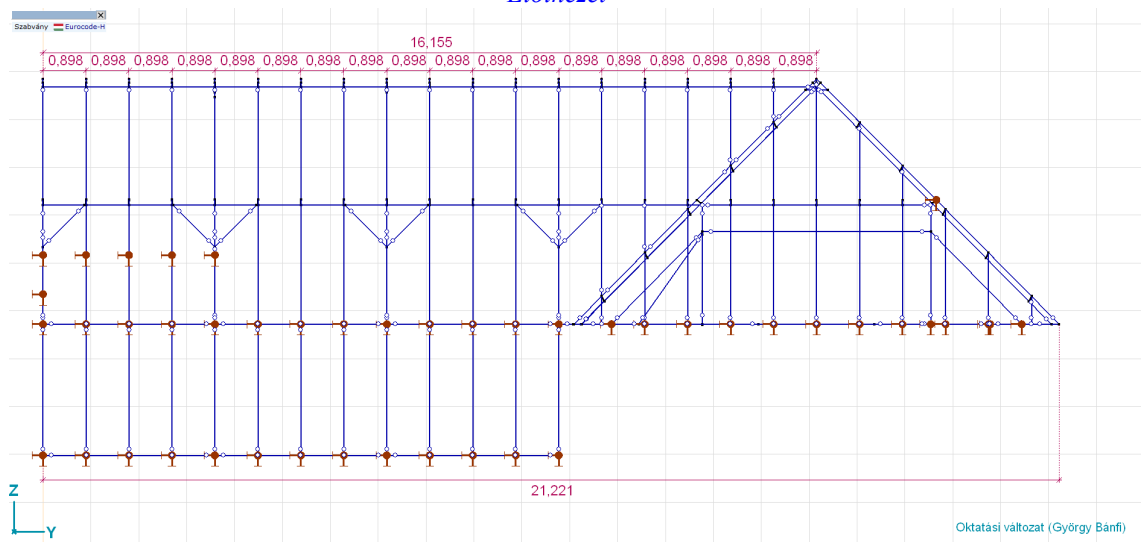
Geometria



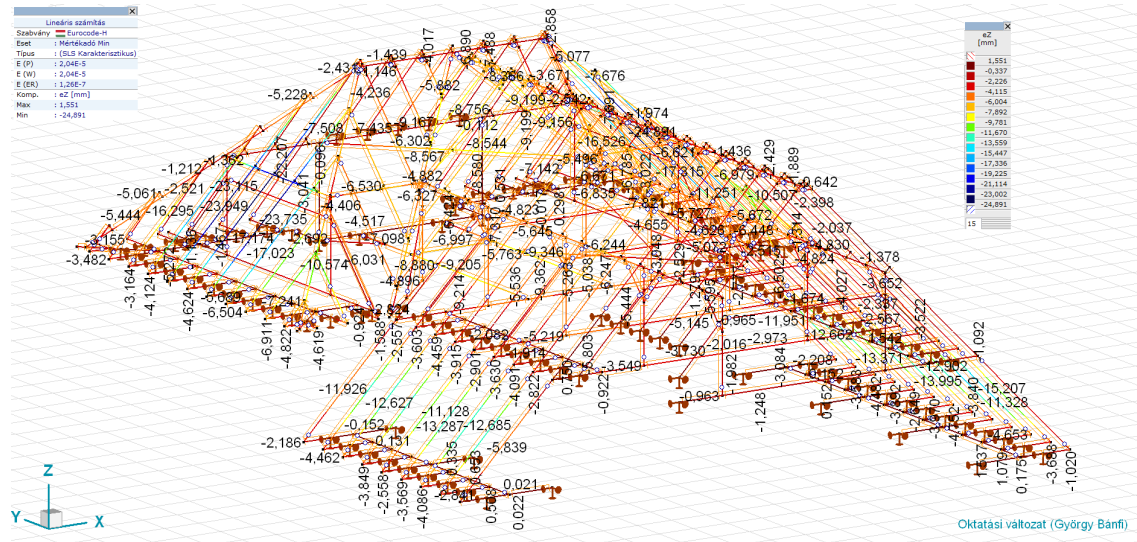
Látványterv



Felülnézet

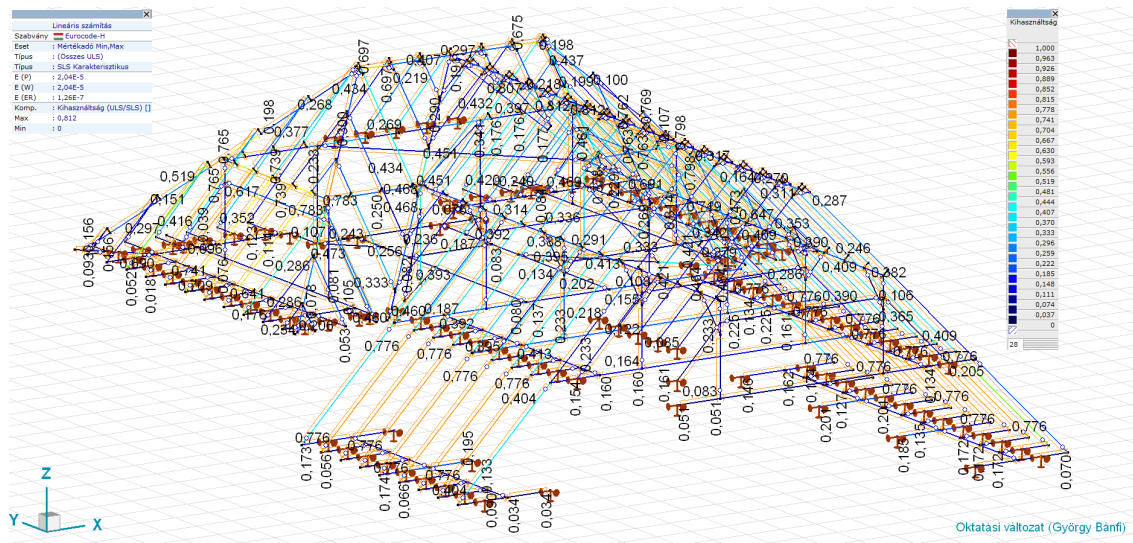
*Előlnézet**Oldalnézet*

Mértékadó lehajlások

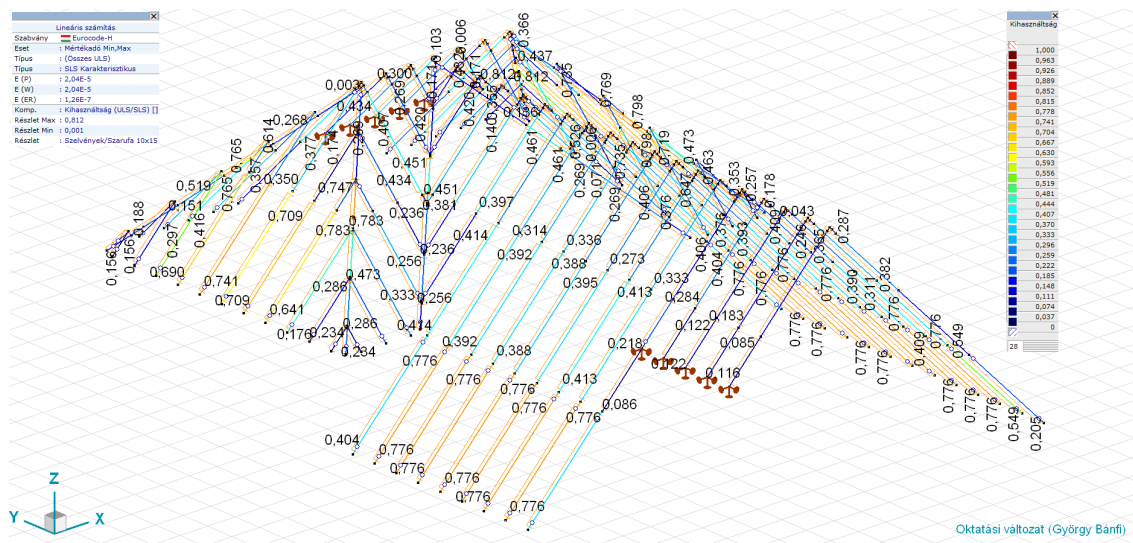


Mértékadó lehajlások

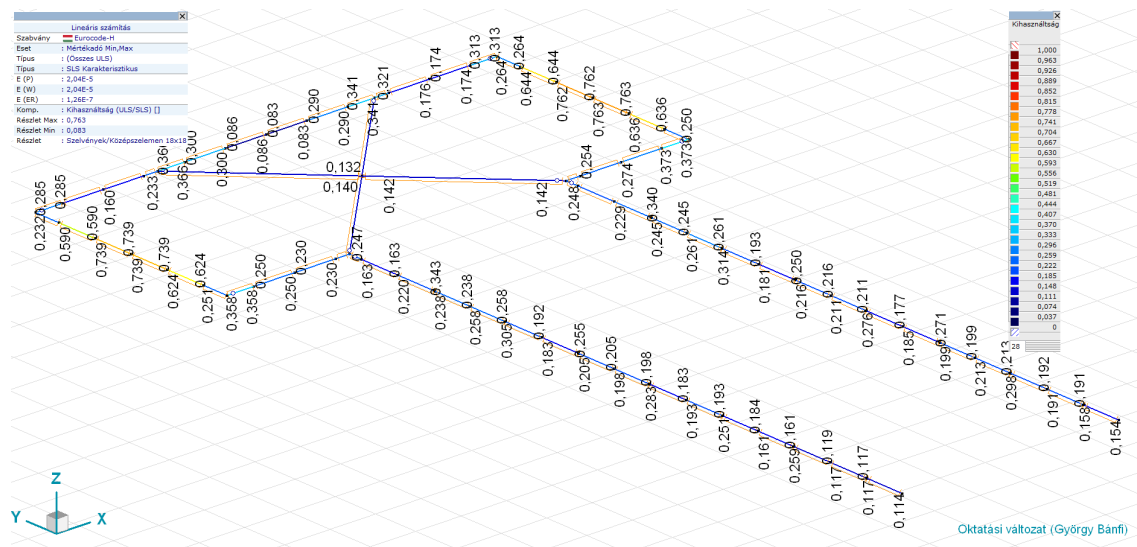
Mértékadó kihasználtságok



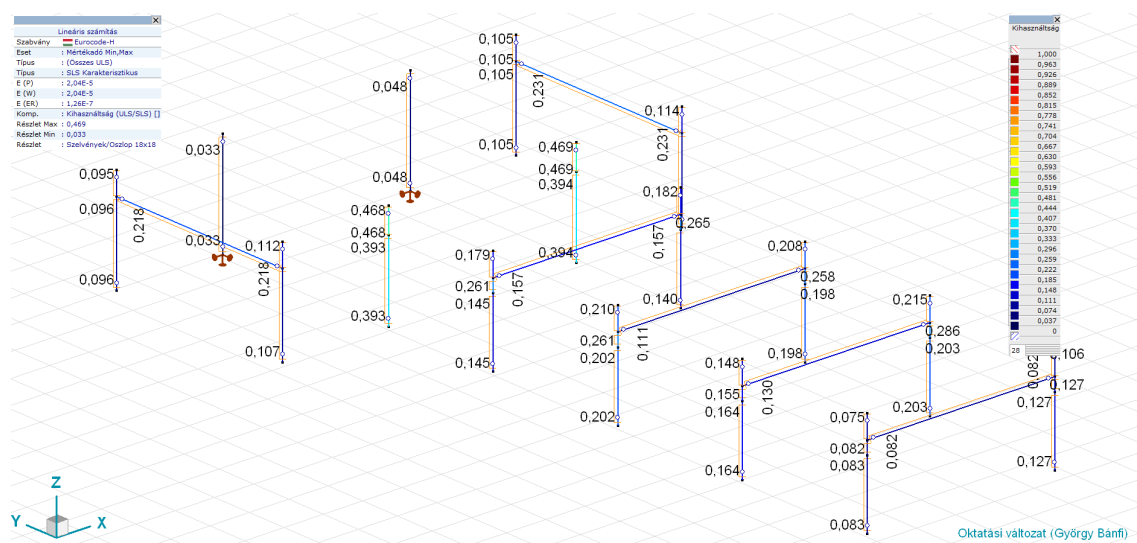
Mértékadó kihasználtságok



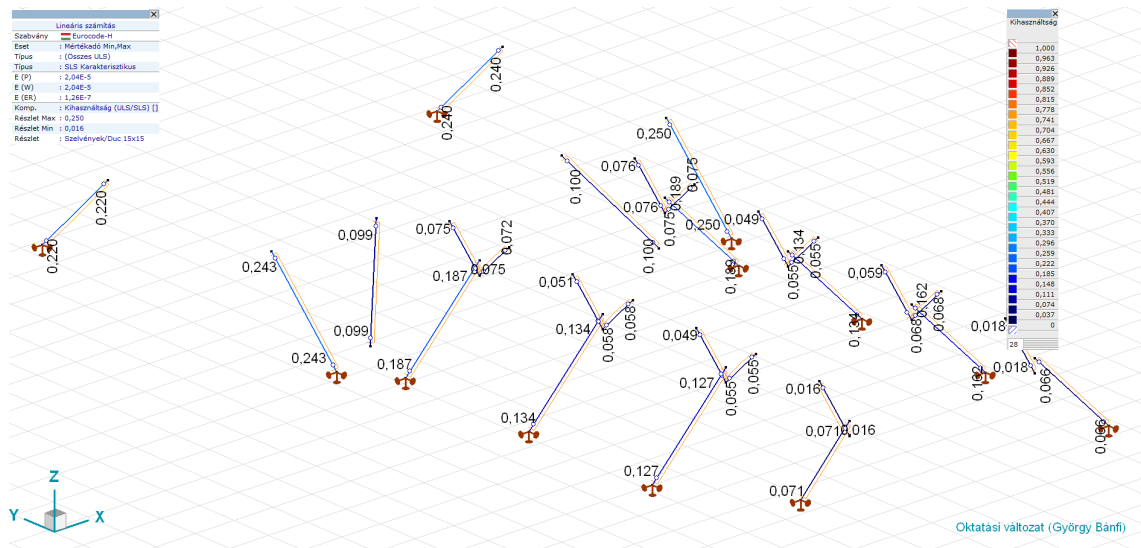
Szarufák kihasználtsága



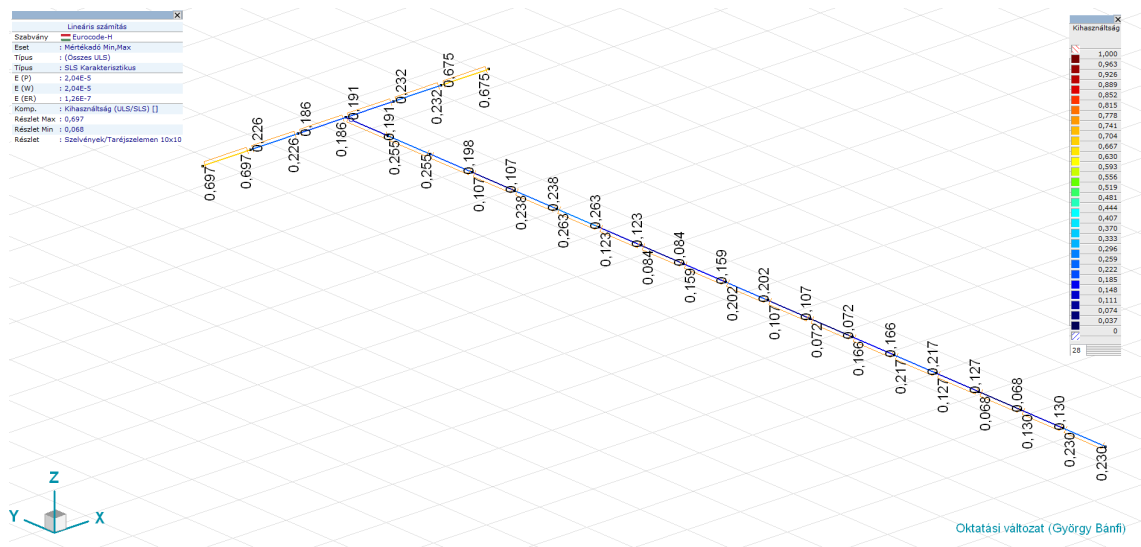
Középszelemenek kihasználtsága



Oszlopok kihasználtsága



Dúcok, könyökfák kihasználtsága



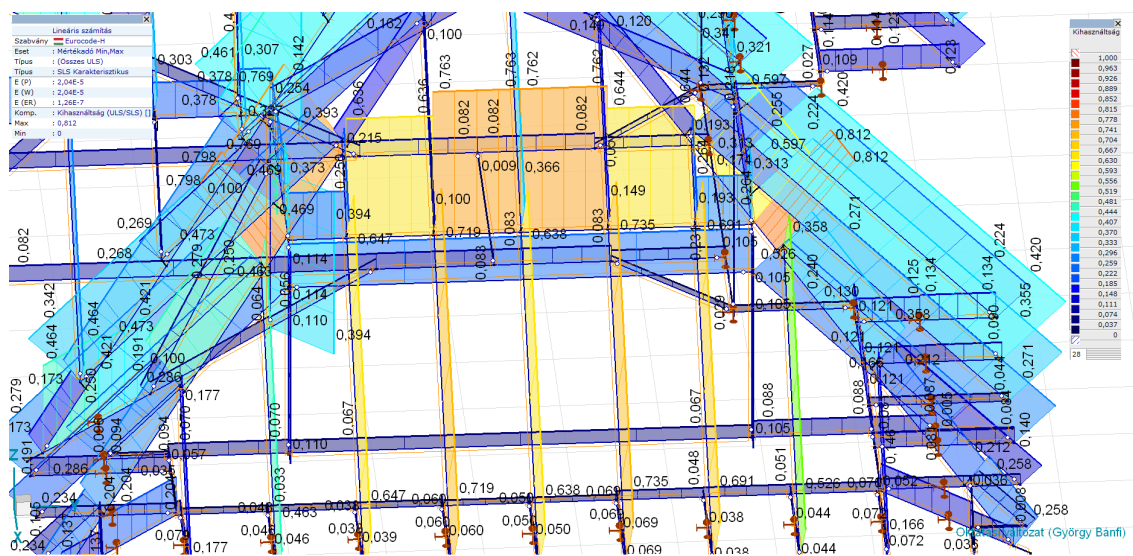
Taréjszelemen kihasználtsága



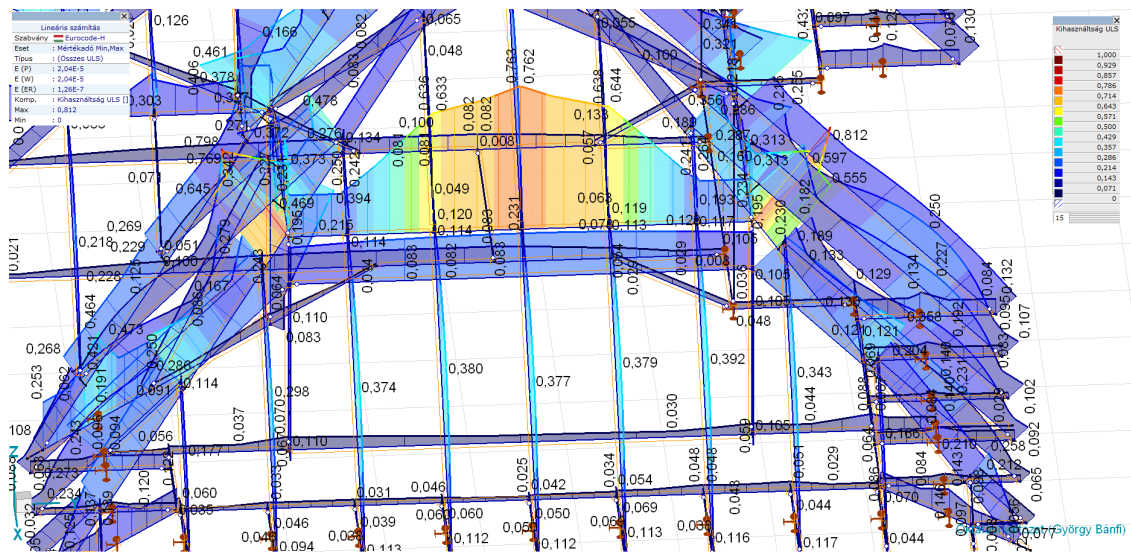
Mértékadó elem kihasználtsága



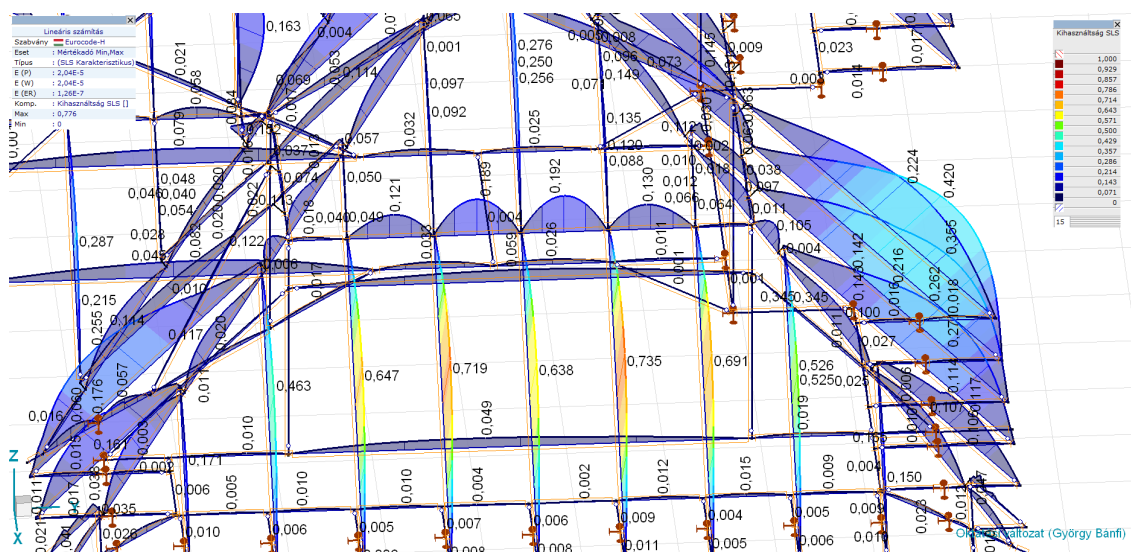
[Stl], lineáris,(Auto) Mértékadó, Kihasznátság, 119. faméretezési elem, [Poz.: 0,201m;]



[Tml], lineáris,(Auto) Mértékadó, Kihasznátság, Kitöltött diagram



[TmI], lineáris,(Auto) Mértékadó, Kihasznátság ULS, Kitöltött diagram



[TmI], lineáris,(Auto) Mértékadó, Kihasznátság SLS, Kitöltött diagram

Statikai számítás

FA SZERKEZETI ELEM ELLENŐRZÉSE

119 méretezési elem

Csomópontok: 670-611

Szabvány: Eurocode-H

MSZ EN 1995-1-1

Anyag: C24

Felhasználási osztály: 1

Szelvény: Szarufa 10x15

Tehereset: lineáris,(Auto) Mértékadó

Teheridőtartam-osztály: lineáris,(Auto) Mértékadó

1. Normálerő

EN 1995-1-1: 6.1.2, 6.1.4

Mértékadó teherkombináció: [1,35*Önsúly+1,35*Rétegtrend] {1,5*Hóteher DY+}

Teheridőtartam-osztály: Közepes idejű

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,25 \cdot L = 0,25 \cdot 40 = 10 \text{ cm}$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_x}{A_x} = \frac{14}{150} = 0,096 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_{hy} = 1$$

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{hy} \cdot f_{t,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 1 \cdot 1,4}{1,3} = 0,86 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_N = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{0,096}{0,86} = 11,2 \% \quad (6.1) \quad \text{megfelel}$$

2. Hajlítás (y)

EN 1995-1-1: 6.1.6

Mértékadó teherkombináció: [1,35*Önsúly+1,35*Rétegtrend] {1,5*Szélteher [Szél] X-.P.S}

(1,5*0,5*Hóteher UD)

Teheridőtartam-osztály: Pillanatnyi

Mértékadó keresztmetszet: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 40 = 40 \text{ cm}$

$$k_{hy} = 1 \quad (3.1)$$

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{hy} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{1,10 \cdot 1 \cdot 2,4}{1,3} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{|M_y|}{W_y} = \frac{|460|}{375} = 1,2 \text{ kN/cm}^2 \quad (6.37)$$

$$\eta_{M_y} = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,2}{2} = 60,5 \% \quad \text{megfelel}$$

3. Hajlítás (z)

EN 1995-1-1: 6.1.6

Mértékadó teherkombináció: **[1,35*Önsúly+1,35*Rétegrend] {1,5*Hóteher DX+}**

Teheridőtartam-osztály: **Közepes idejű**

Mértékadó keresztmetszet: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 40 = 40 \text{ cm}$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{|M_z|}{W_z} = \frac{|87|}{250} = 0,35 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_{h,z} = \min \left\{ \frac{150}{b} \right\}^{0,2} ; 1,3 \right\} = \min \left\{ \frac{150}{10} \right\}^{0,2} ; 1,3 \right\} = 1,084 \quad (3.1)$$

$$f_{m,z,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,z} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 1,084 \cdot 2,4}{1,3} = 1,6 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_{M_z} = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,35}{1,6} = 21,7 \% \quad \text{megfelel}$$

4. Nyírás(y)

EN 1995-1-1: 6.1.7

Mértékadó teherkombináció: **[1,35*Önsúly+1,35*Rétegrend] {1,5*Hóteher DX+}**

Teheridőtartam-osztály: **Közepes idejű**

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,03 \cdot L = 0,03 \cdot 40 = 1 \text{ cm}$

$$k_{cr} = 0,67 \quad (6.13a)$$

$$\tau_{V_y,d} = \frac{1,5 \cdot |V_y|}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{1,5 \cdot |(-2,1)|}{0,67 \cdot 10 \cdot 15} = 0,032 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{V_y,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{V_y,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 0,4}{1,3} = 0,25 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_{V_y} = \frac{\tau_{V_y,d}}{f_{V_y,d}} = \frac{0,032}{0,25} = 12,9 \% \quad (6.13) \quad \text{megfelel}$$

5. Nyírás(z)

EN 1995-1-1: 6.1.7

Mértékadó teherkombináció: **[1,35*Önsúly+1,35*Rétegrend] {1,5*Szélteher [Szél] X-.P.S}**

(1,5*0,5*Hóteher UD)

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi**

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,25 \cdot L = 0,25 \cdot 40 = 10 \text{ cm}$

$$k_{cr} = 0,67 \quad (6.13a)$$

$$\tau_{V_z,d} = \frac{1,5 \cdot |V_z|}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{1,5 \cdot |7,3|}{0,67 \cdot 10 \cdot 15} = 0,11 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{v,z,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,z,k}}{\gamma_M} = \frac{1,10 \cdot 0,4}{1,3} = 0,34 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_{V_z} = \frac{\tau_{V_z,d}}{f_{v,z,d}} = \frac{0,11}{0,34} = 32,3 \% \quad (6.13) \quad \text{megfelel}$$

6. Csavarás

EN 1995-1-1: 6.1.8

Mértékadó teherkombináció: [1,35*Önsúly+1,35*Rétegtrend] {1,5*Széltéher [Szél] X-P.S}

(1,5*0,5*Hóteher UD)

Teheridőtartam-osztály: Pillanatnyi

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,03 \cdot L = 0,03 \cdot 40 = 1 \text{ cm}$

$$\tau_{tor,d} = -0,16 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{1,10 \cdot 0,4}{1,3} = 0,34 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_{shape} = \min \left[\frac{1}{1} + 0,05 \cdot \frac{h}{b} ; 1,3 \right] = \min \left[\frac{1}{1} + 0,05 \cdot \frac{15}{10} ; 1,3 \right] = 1,075 \quad (6.15)$$

$$\eta_{M_x} = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} = \frac{(-0,16)}{1,075 \cdot 0,34} = -45,1 \% \quad (6.14) \quad \text{megfelel}$$

INTERAKCIÓS VIZSGÁLATOK

7. Normálerő-Hajlítás

EN 1995-1-1: 6.3.2, 6.2.4

Mértékadó teherkombináció: [1,35*Önsúly+1,35*Rétegtrend] {1,5*Hóteher UD}

Teheridőtartam-osztály: Közepes idejű

Mértékadó keresztmetszet: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 40 = 40 \text{ cm}$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,096}{0,86} + \frac{|0,81|}{1,5} + 0,7 \cdot \frac{|0,34|}{1,6} = 81,2 \% \quad (6.17)$$

$$\eta_2 = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,096}{0,86} + 0,7 \cdot \frac{|0,81|}{1,5} + \frac{|0,34|}{1,6} = 71,1 \% \quad (6.18)$$

$$\eta_{N,M} = \max(\eta_1 ; \eta_2) = \max(81,2 ; 71,1) = 81,2 \% \quad \text{megfelel}$$

8. Nyomás-Hajlítás-Kihajlás

EN 1995-1-1: 6.3.2

Mértékadó teherkombináció: [1,35*Önsúly+1,35*Rétegtrend] {1,5*Hóteher UD}

Teheridőtartam-osztály: Közepes idejű

Mértékadó keresztmetszet: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 40 = 40 \text{ cm}$

$$\eta_1 = \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{|0,81|}{1,5} + 0,7 \cdot \frac{|0,34|}{1,6} = 70,1 \% \quad (6.23)$$

$$\eta_2 = k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = 0,7 \cdot \frac{|0,81|}{1,5} + \frac{|0,34|}{1,6} = 59,9 \% \quad (6.24)$$

$$\eta_{N,M,Buck} = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(70,1; 59,9) = 70,1 \% \quad \text{megfelel}$$

9. Normálerő-Hajlítás-Kifordulás

EN 1995-1-1: 6.3.3

Mértékadó teherkombináció: [1,35*Önsúly+1,35*Rétegrend] {1,5*Szélteher [Szél] X-.P.S}

(1,5*0,5*Hóteher UD)

Teheridőtartam-osztály: Pillanatnyi

Mértékadó keresztmetszet: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 40 = 40 \text{ cm}$

$$\sigma_{Mcd} = |\sigma_{m,y,d}| - \sigma_{c,0,d} = |1,2| - 0 = 1,1 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_{N,M,LTB} = \frac{\sigma_{Mcd}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} = \frac{1,1}{1,00 \cdot 2} = 55,1 \% \quad \text{megfelel}$$

10. Nyírás-Csavarás

DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12 NCI NA.6.1.9 (no EN 1995-1-1 formula)

Mértékadó teherkombináció: [1,35*Önsúly+1,35*Rétegrend] {1,5*Szélteher [Szél] X-.P.S}

(1,5*0,5*Hóteher UD)

Teheridőtartam-osztály: Pillanatnyi

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,25 \cdot L = 0,25 \cdot 40 = 10 \text{ cm}$

A pontban (a b oldal közepén a szélső pontban); $\tau_{V_{z,d}} = 0$

$$\tau_{tor,d,A} = 0,14 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{V_{y,d}} = \frac{1,5 \cdot |V_y|}{k_{cr} \cdot h \cdot b} = \frac{1,5 \cdot |(-1,1)|}{0,67 \cdot 15 \cdot 10} = 0,017 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_A = \frac{|\tau_{tor,d,A}|}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \frac{\tau_{V_{y,d}}^2}{f_{v,y,d}^2} = \frac{|0,14|}{1,075 \cdot 0,34} + \frac{0,017^2}{0,34^2} = 39,0 \% \quad (NA.55)$$

B pontban (a h oldal közepén a szélső pontban); $\tau_{V_{y,d}} = 0$

$$\tau_{tor,d,B} = 0,16 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{V_{z,d}} = \frac{1,5 \cdot |V_z|}{k_{cr} \cdot h \cdot b} = \frac{1,5 \cdot |0,73|}{0,67 \cdot 15 \cdot 10} = 0,11 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_B = \frac{|\tau_{tor,d,B}|}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \frac{\tau_{V_{z,d}}^2}{f_{v,z,d}^2} = \frac{|0,16|}{1,075 \cdot 0,34} + \frac{0,11^2}{0,34^2} = 55,6 \% \quad (NA.55)$$

O pontban (a keresztmetszet középpontjában); $\tau_{tor,d,O} = 0$

$$\eta_O = \frac{\tau_{V_y,d}^2}{f_{v,y,d}^2} + \frac{\tau_{V_z,d}^2}{f_{v,z,d}^2} = \frac{0,017^2}{0,34} + \frac{0,11^2}{0,34} = 10,7 \% \quad (\text{NA.55})$$

$$\eta_{V_y, V_z, M_x} = \max \{ \eta_A ; \eta_B ; \eta_O ; \eta_{V_y} ; \eta_{V_z} \} = \max (39,0 ; 55,6 ; 10,7 ; 5,0 ; 32,3) = 55,6 \% \quad \text{megfelel}$$

11. Tetőponti keresztirányú feszültség

EN 1995-1-1: 6.4.3

Mértékadó teherkombináció: [Önsúly+Rétegtrend] {1,5*Szélteher [Szél] Y-P.P}

Teheridőtartam-osztály: Pillanatnyi

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 40 = 0 \text{ cm}$

$$\eta_{Apex} = 0 \% \quad (\text{6.53}) \quad \text{megfelel}$$

12. SLS (használhatósági határállapot) - A deformáció végértéke

EN 1995-1-1: 2.2.3, 7.2

Mértékadó teherkombináció: [Önsúly+Rétegtrend] {Szélteher [Szél] X-P.S} (0,5*Hóteher DY-)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 40 = 20 \text{ cm}$

$$k_{def} = 0,6$$

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

$$w_{net,fin,z} = |w_{fin,z}| = |0,017| = 0,017 \text{ cm}$$

$$w_{limit,z} = \frac{L}{150,0} = \frac{40}{150,0} = 0,27 \text{ cm}$$

$$\eta_{SLS,z} = \frac{w_{net,fin,z}}{w_{limit,z}} = \frac{0,017}{0,27} = 6,5 \%$$

$$\eta_{SLS} = \eta_{SLS,z} = 6,5 \% \quad \text{megfelel}$$

13. SLS (használhatósági határállapot) - Pillanatnyi deformáció

EN 1995-1-1: 2.2.3, 7.2

Mértékadó teherkombináció: [Önsúly+Rétegtrend] {Szélteher [Szél] X-P.S} (0,5*Hóteher DY-)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 40 = 20 \text{ cm}$

$$w_{net,inst,z} = w_{inst,z} - u_{inst,i,z} \cdot \frac{x}{L} - u_{inst,j,z} \cdot \frac{x}{L} = 0,0053 - (-0,072) \cdot \frac{20}{40} - 0,044 \cdot \frac{20}{40} = 0,014 \text{ cm}$$

$$w_{limit,z} = \frac{L}{300,0} = \frac{40}{300,0} = 0,13 \text{ cm}$$

$$\eta_{SLS,z} = \frac{w_{net,inst,z}}{w_{limit,z}} = \frac{0,014}{0,13} = 10,4 \%$$

$$\eta_{SLS} = \eta_{SLS,z} = 10,4 \% \quad \text{megfelel}$$

Súlyelemzés

Súly anyagok szerint

	Anyag neve	ρ [kg/m ³]	ΣV [m ³]	ΣG [kg]
1	C24	420	0,763	320,414
	Összesen		0,763	320,414

Kihajlásvizsgálat

Összes kritikus teherparaméter

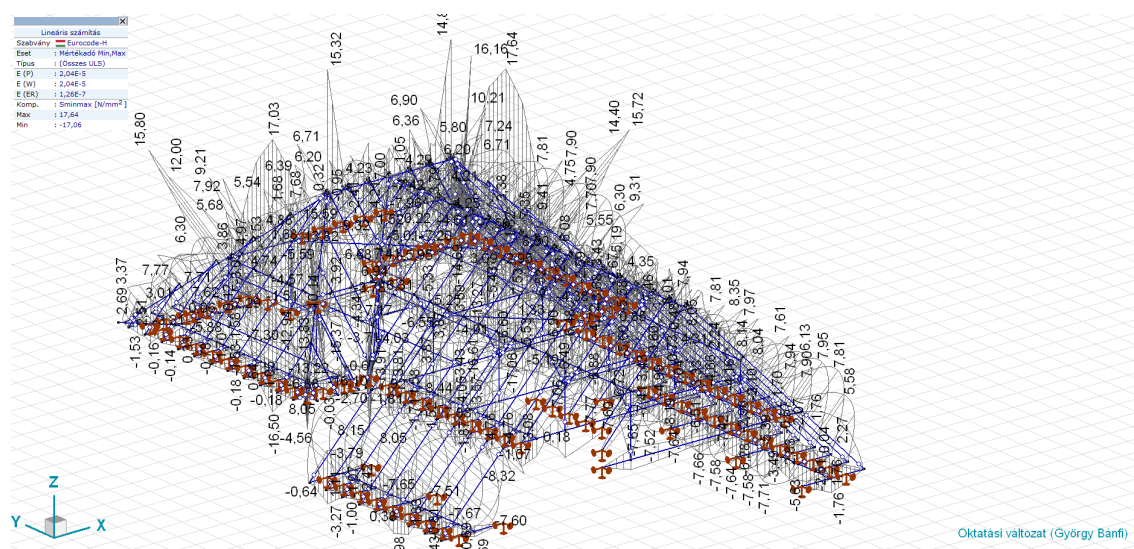
	Eset	α_{cr1}	α_{cr2}	α_{cr3}	α_{cr4}	α_{cr5}	α_{cr6}	α_{cr7}	α_{cr8}	α_{cr9}	α_{cr10}
1	Önsúly	44,679	65,786	65,787	66,018	66,018	67,691	67,691	68,330	68,330	68,482
2	Rétegtrend	28,128	28,128	28,137	28,137	28,222	28,222	30,710	30,710	32,605	32,605
3	Szélteher [Szél] X+.P.O	-12,509	12,942	-13,794	14,208	21,180	-25,335	-27,622	-28,146	29,119	-29,663
4	Szélteher [Szél] X+.P.P	12,600	-12,810	-13,907	14,199	20,039	-27,728	28,349	-28,822	-30,381	-30,634
5	Szélteher [Szél] X+.P.S	-12,084	13,492	-13,629	14,223	21,502	21,502	-22,432	23,158	23,736	23,736
6	Szélteher [Szél] X-.P.O	-12,464	13,054	-14,069	14,124	-22,024	-26,146	-27,834	-28,043	29,372	-29,850
7	Szélteher [Szél] X-.P.P	12,742	-12,799	14,008	-14,079	-23,414	28,670	-28,793	-28,797	-30,678	31,061
8	Szélteher [Szél] X-.P.S	-11,993	13,552	-14,055	14,301	-20,224	21,314	21,314	-22,979	23,394	23,394
9	Szélteher [Szél] Y-.P.O	-28,781	-28,781	-29,080	-29,080	-29,866	-29,866	-30,394	-30,394	-31,041	-31,041
10	Szélteher [Szél] Y-.P.P	-22,080	-22,080	-22,342	-22,342	-22,943	-22,943	-23,360	-23,360	-23,905	-23,905
11	Szélteher [Szél] Y-.P.S	-52,835	-52,835	-53,101	-53,101	-54,564	-54,564	-55,426	-55,426	-56,212	-56,212
12	Hóteher UD	34,501	34,501	34,512	34,512	34,617	34,617	34,778	34,778	35,036	35,036
13	Hóteher DX+	33,721	33,721	33,765	33,765	33,869	33,869	53,833	53,833	54,308	54,479
14	Hóteher DX-	33,938	33,938	34,245	34,245	34,307	34,307	53,271	53,272	53,504	53,719
15	Hóteher DY+	37,350	37,350	37,990	37,990	38,352	38,352	38,828	38,828	39,173	39,173
16	Hóteher DY-	36,418	36,418	36,677	36,677	37,186	37,186	37,614	37,614	37,735	37,735
17	Hóteher DX+Y+	34,501	34,501	34,512	34,512	34,617	34,617	34,778	34,778	35,036	35,036
18	Hóteher DX+Y-	34,501	34,501	34,512	34,512	34,617	34,617	34,778	34,778	35,036	35,036

	Eset	α_{cr1}	α_{cr2}	α_{cr3}	α_{cr4}	α_{cr5}	α_{cr6}	α_{cr7}	α_{cr8}	α_{cr9}	α_{cr10}
19	Hóteher DX-Y+	34,501	34,501	34,512	34,512	34,617	34,617	34,778	34,778	35,036	35,036
20	Hóteher DX-Y-	34,501	34,501	34,512	34,512	34,617	34,617	34,778	34,778	35,036	35,036
21	Hóteher UD_EX	17,251	17,251	17,256	17,256	17,308	17,308	17,389	17,389	17,518	17,518
22	Hóteher DX+EX	16,861	16,861	16,882	16,882	16,935	16,935	26,916	26,916	27,154	27,240
23	Hóteher DX-EX	16,969	16,969	17,123	17,123	17,153	17,153	26,636	26,636	26,752	26,859
24	Hóteher DY+EX	18,675	18,675	18,995	18,995	19,176	19,176	19,414	19,414	19,586	19,586
25	Hóteher DY-EX	18,209	18,209	18,339	18,339	18,593	18,593	18,807	18,807	18,867	18,867
26	Hóteher DX+Y+EX	17,251	17,251	17,256	17,256	17,308	17,308	17,389	17,389	17,518	17,518
27	Hóteher DX+Y-EX	17,251	17,251	17,256	17,256	17,308	17,308	17,389	17,389	17,518	17,518
28	Hóteher DX-Y+EX	17,251	17,251	17,256	17,256	17,308	17,308	17,389	17,389	17,518	17,518
29	Hóteher DX-Y-EX	17,251	17,251	17,256	17,256	17,308	17,308	17,389	17,389	17,518	17,518

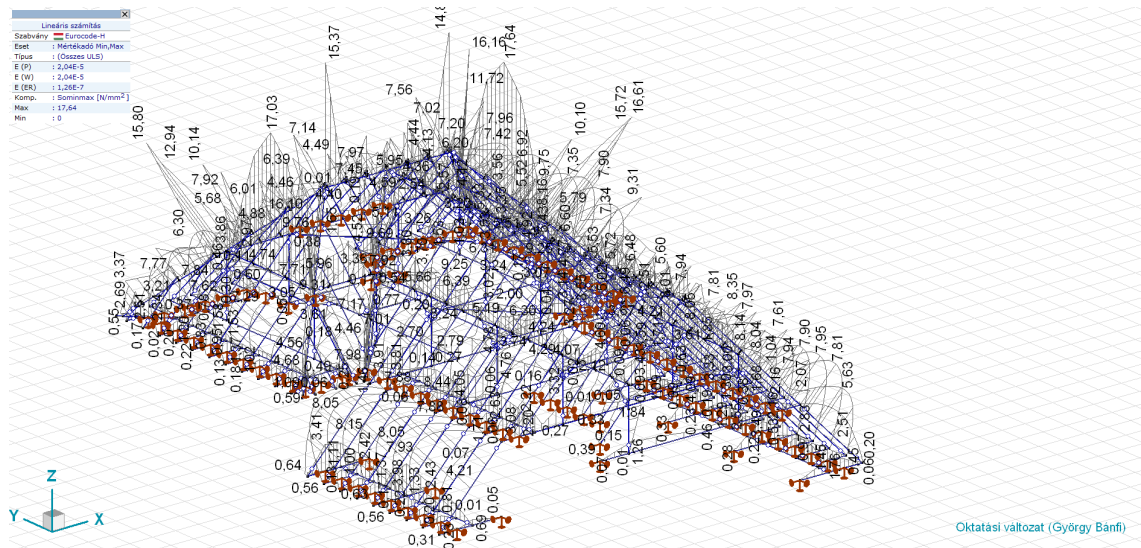
	Eset	α_{cr11}	α_{cr12}
1	Önsúly	68,482	71,061
2	Rétegrend	34,486	34,486
3	Szélteher [Szél] X+.P.O	-31,037	31,969
4	Szélteher [Szél] X+.P.P	-30,635	-31,291
5	Szélteher [Szél] X+.P.S	-24,311	-24,934
6	Szélteher [Szél] X-.P.O	-31,655	31,779
7	Szélteher [Szél] X-.P.P	-31,130	-31,130
8	Szélteher [Szél] X-.P.S	-24,435	-25,211
9	Szélteher [Szél] Y-.P.O	-31,869	-31,869
10	Szélteher [Szél] Y-.P.P	-24,531	-24,531
11	Szélteher [Szél] Y-.P.S	56,821	-57,537
12	Hóteher UD	35,081	35,081
13	Hóteher DX+	54,480	54,872
14	Hóteher DX-	53,719	53,895
15	Hóteher DY+	39,476	39,476

	Eset	α_{cr11}	α_{cr12}
16	Hóteher DY-	38,354	38,354
17	Hóteher DX+Y+	35,081	35,081
18	Hóteher DX+Y-	35,081	35,081
19	Hóteher DX-Y+	35,081	35,081
20	Hóteher DX-Y-	35,081	35,081
21	Hóteher UD_EX	17,541	17,541
22	Hóteher DX+EX	27,240	27,436
23	Hóteher DX-EX	26,859	26,948
24	Hóteher DY+EX	19,738	19,738
25	Hóteher DY-EX	19,177	19,177
26	Hóteher DX+Y+EX	17,541	17,541
27	Hóteher DX+Y-EX	17,541	17,541
28	Hóteher DX-Y+EX	17,541	17,541
29	Hóteher DX-Y-EX	17,541	17,541

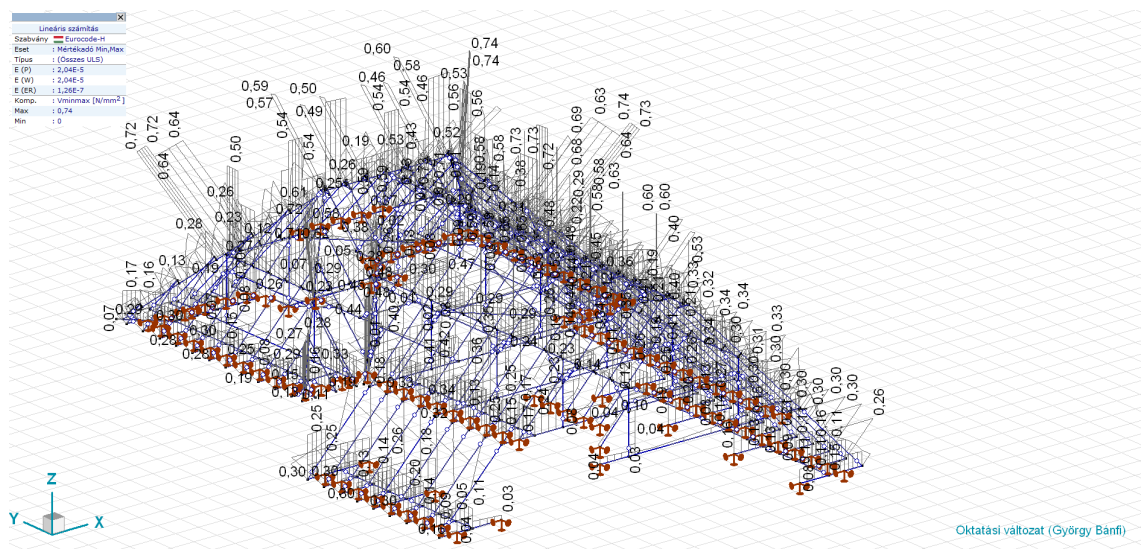
Feszültségek



[I], lineáris, (Auto) Mértékadó, Sminmax, Diagram



[I], lineáris,(Auto) Mértékadó, Sominmax, Diagram



[I], lineáris,(Auto) Mértékadó, Vminmax, Diagram

4.3.2. Torony fedélszék számítások

Alapadatok

Anyagok

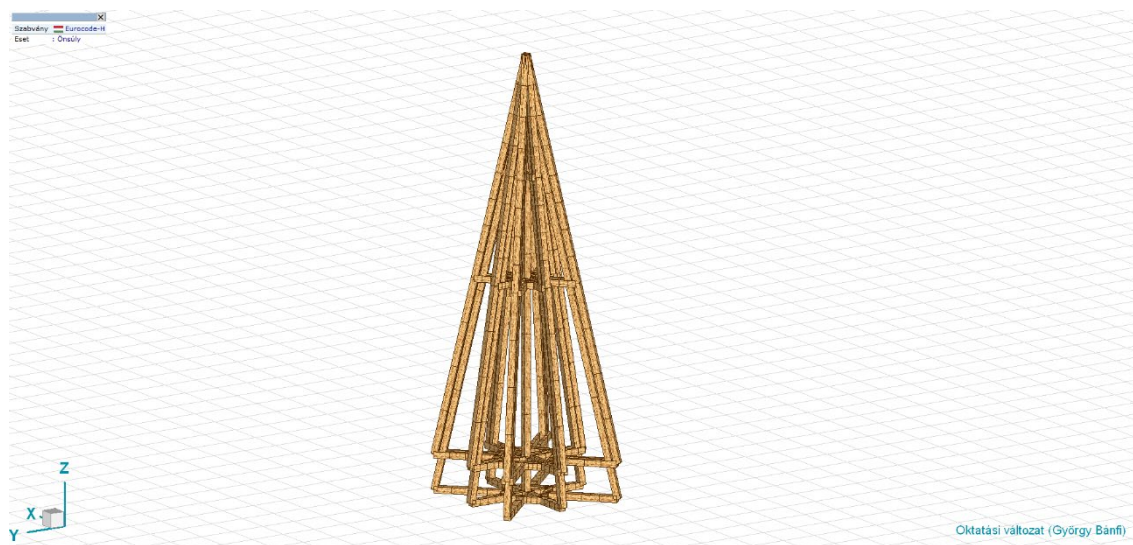
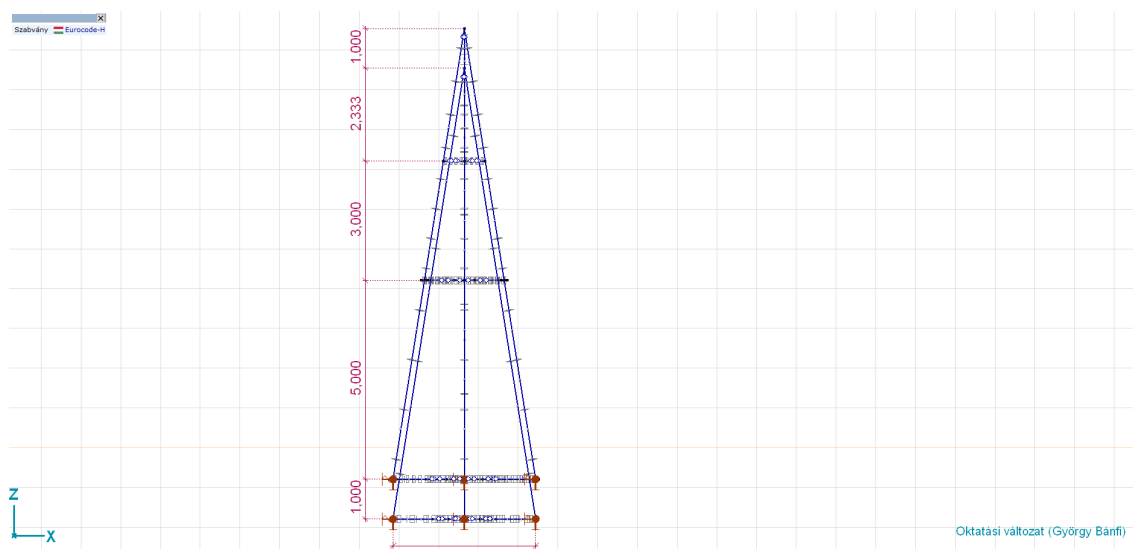
	Név	Típus	Nemzeti szabvány	Anyagszabvány	Modell	E_x [kN/cm ²]	E_y [kN/cm ²]
1	C24	Fa	Eurocode-H	EN 338:2009	Lineáris	1100	37

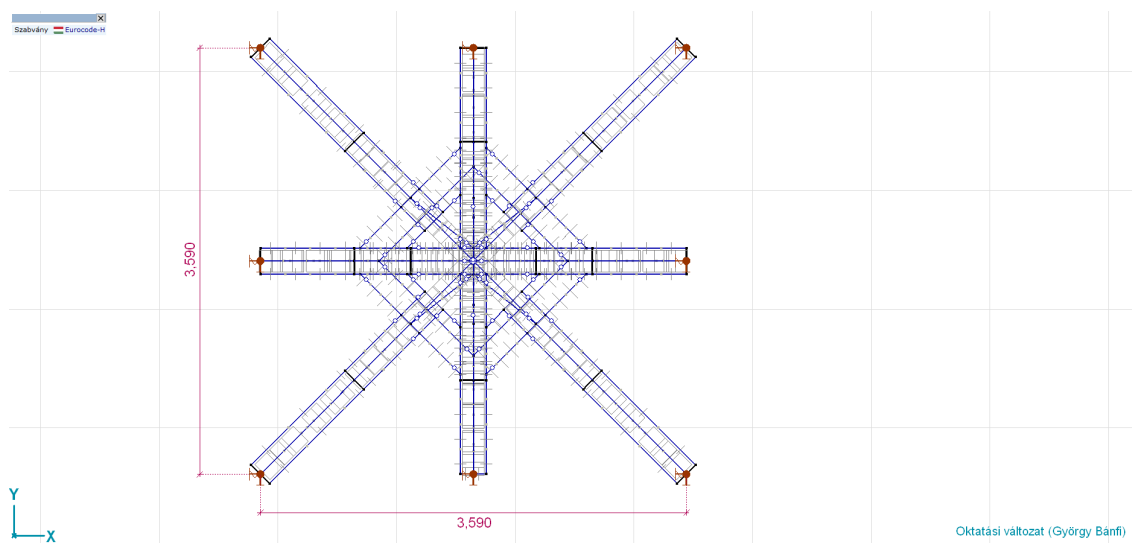
	Név	ν	α_T [1/°C]	ρ [kg/m ³]
1	C24	0,20	8E-6	420

Szelvények

	Név	Rajz	Alak	h [cm]	b [cm]	A_x [cm ²]	A_y [cm ²]	A_z [cm ²]	I_y [cm ⁴]	I_z [cm ⁴]	$W_{1,el,t}$ [cm ³]	$W_{1,el,b}$ [cm ³]	$W_{2,el,t}$ [cm ³]	$W_{2,el,b}$ [cm ³]
1	18x18		Tgl.	18,0	18,0	324,00	270,00	270,00	8748,0	8748,0	972,0	972,0	972,0	972,0
2	10x18		Tgl.	18,0	10,0	180,00	150,00	150,00	4860,0	1500,0	540,0	540,0	300,0	300,0

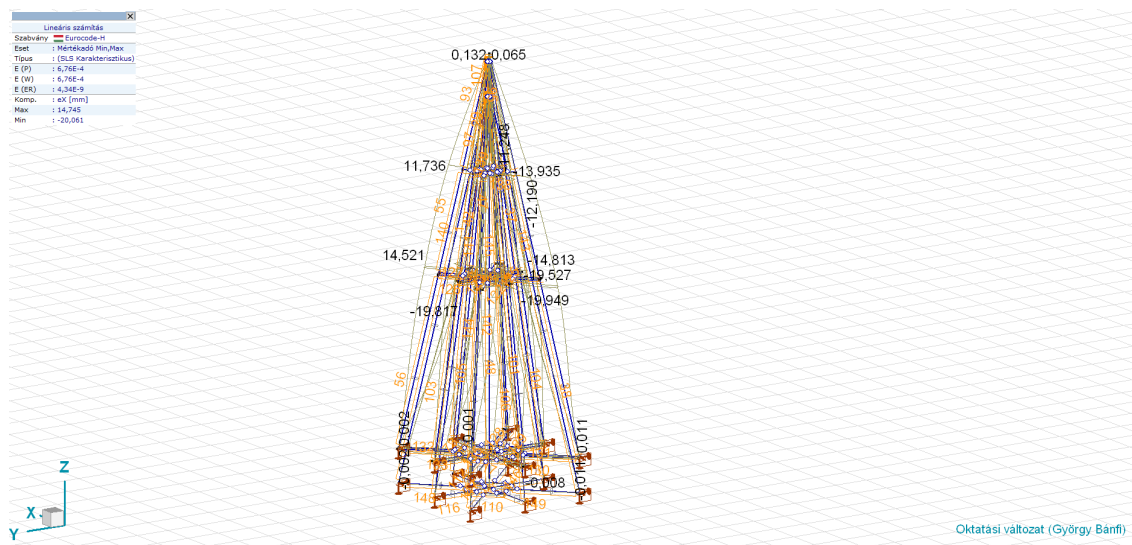
	Név	$W_{1,pl}$ [cm ³]	$W_{2,pl}$ [cm ³]
1	18x18	1458,0	1458,0
2	10x18	810,0	450,0

Statikai váz*Látvány**Előlnézet*



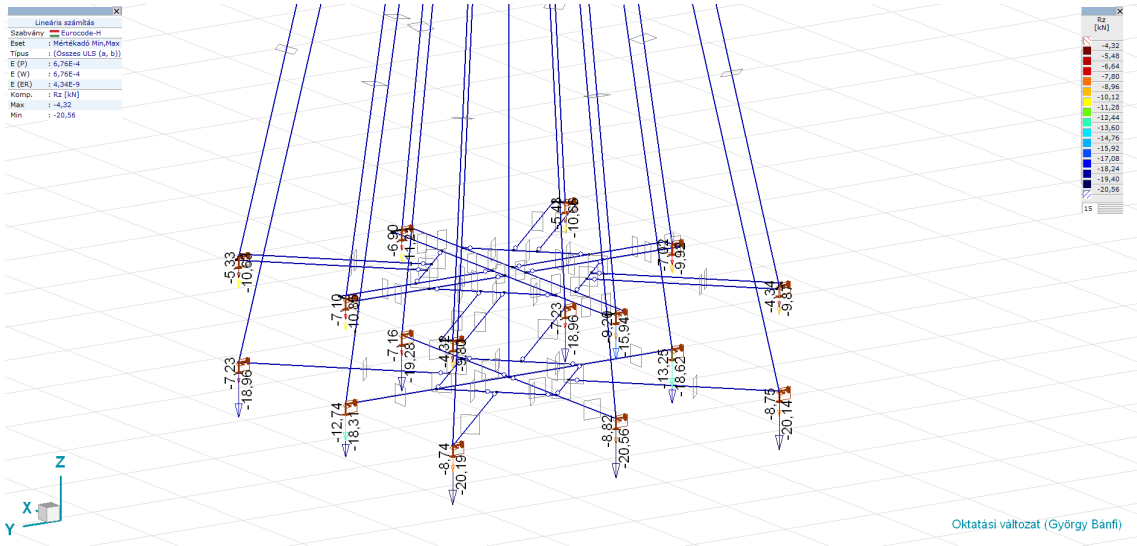
Felülnézet

Elmozdulások

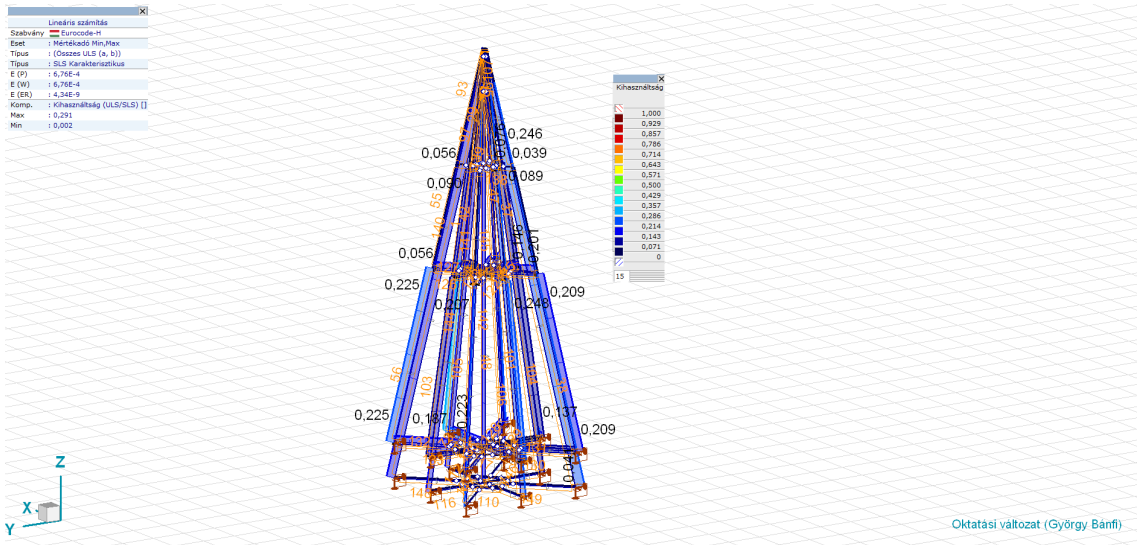


Mértékadó elmozdulások

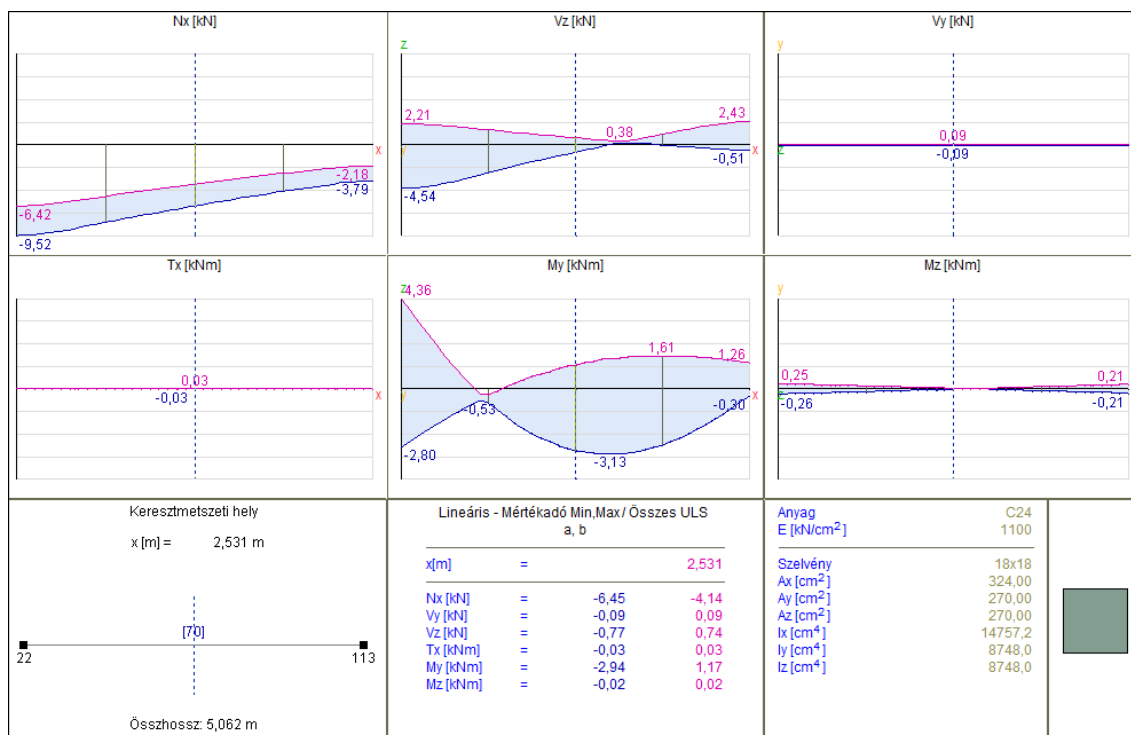
Statikai számítás



Mértékadó függőleges támaszerő



Torony kihasználtság (SLS, ULS)



Mértékadó rúdelem igénybevételek



Mértékadó szelvény (105. sz. szarufa)

FA SZERKEZETI ELEM ELLENŐRZÉSE

105 méretezési elem

Csomópontok: 22-113

Szabvány: Eurocode-H

MSZ EN 1995-1-1

Anyag: C24

Felhasználási osztály: 2

Szelvény: 18x18

Tehereset: lineáris,(Auto) Mértékadó

Teheridőtartam-osztály: lineáris,(Auto) Mértékadó

1. Normálerő

EN 1995-1-1: 6.1.2, 6.1.4

Mértékadó teherkombináció: [1,35*Önsúly+1,35*Rétegtrend+1,35*Tégla fal]

Teheridőtartam-osztály: Állandó

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,02 \cdot L = 0,02 \cdot 506 = 13 \text{ cm}$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{|N_x|}{A_x} = \frac{|(-9,1)|}{324} = 0,028 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,60 \cdot 2,1}{1,3} = 0,97 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_N = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,028}{0,97} = 2,9 \% \quad (6.2) \quad \text{megfelel}$$

2. Hajlítás (y)

EN 1995-1-1: 6.1.6

Mértékadó teherkombináció: [Önsúly+Rétegtrend+Tégla fal] {1,5*Szél [Tető] X-.P.S}

Teheridőtartam-osztály: Pillanatnyi

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,02 \cdot L = 0,02 \cdot 506 = 13 \text{ cm}$

$$k_{hy} = 1 \quad (3.1)$$

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{hy} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{1,10 \cdot 1 \cdot 2,4}{1,3} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{|M_y|}{W_y} = \frac{|379|}{972} = 0,39 \text{ kN/cm}^2 \quad (6.37)$$

$$\eta_{M_y} = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,39}{2} = 19,2 \% \quad \text{megfelel}$$

3. Hajlítás (z)

EN 1995-1-1: 6.1.6

Mértékadó teherkombináció: $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Önsúly} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Rétégrend} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Tégla fal}] \{1,5 \cdot \text{Szél} [\text{Tető}] \text{Y+P.P}\}$

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi**

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,02 \cdot L = 0,02 \cdot 506 = 13 \text{ cm}$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{|M_z|}{W_z} = \frac{|(-24)|}{972} = 0,025 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_{h,z} = 1 \quad (3.1)$$

$$f_{m,z,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,z} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{1,10 \cdot 1 \cdot 2,4}{1,3} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_{M_z} = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,025}{2} = 1,2 \% \quad \text{megfelel}$$

4. Nyírás(y)

EN 1995-1-1: 6.1.7

Mértékadó teherkombináció: $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Önsúly} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Rétégrend} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Tégla fal}] \{1,5 \cdot \text{Szél} [\text{Tető}] \text{Y+P.P}\}$

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi**

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,02 \cdot L = 0,02 \cdot 506 = 13 \text{ cm}$

$$k_{cr} = 0,67 \quad (6.13a)$$

$$\tau_{V_y,d} = \frac{1,5 \cdot |V_y|}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{1,5 \cdot |(-0,093)|}{0,67 \cdot 18 \cdot 18} = 0,00064 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{V_y,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{V_y,k}}{\gamma_M} = \frac{1,10 \cdot 0,4}{1,3} = 0,34 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_{V_y} = \frac{\tau_{V_y,d}}{f_{V_y,d}} = \frac{0,00064}{0,34} = 0,2 \% \quad (6.13) \quad \text{megfelel}$$

5. Nyírás(z)

EN 1995-1-1: 6.1.7

Mértékadó teherkombináció: $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Önsúly} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Rétégrend} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Tégla fal}] \{1,5 \cdot \text{Szél} [\text{Tető}] \text{X-P.S}\}$

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi**

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,02 \cdot L = 0,02 \cdot 506 = 13 \text{ cm}$

$$k_{cr} = 0,67 \quad (6.13a)$$

$$\tau_{V_z,d} = \frac{1,5 \cdot |V_z|}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{1,5 \cdot |(-4,5)|}{0,67 \cdot 18 \cdot 18} = 0,031 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{V_z,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{V_z,k}}{\gamma_M} = \frac{1,10 \cdot 0,4}{1,3} = 0,34 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_{V_z} = \frac{\tau_{V_z,d}}{f_{V_z,d}} = \frac{0,031}{0,34} = 9,2 \% \quad (6.13) \quad \text{megfelel}$$

6. Csavarás

EN 1995-1-1: 6.1.8

Mértékadó teherkombináció: [1,35*0,85*Önsúly+1,35*0,85*Rétegrend+1,35*0,85*Tégla fal] {1,5*Szél [Tető] Y+.P.P}

Teheridőtartam-osztály: Pillanatnyi

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,02 \cdot L = 0,02 \cdot 506 = 13 \text{ cm}$

$$\tau_{tor,d} = 0,0022 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{1,10 \cdot 0,4}{1,3} = 0,34 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_{shape} = \min \left[\frac{1}{1} + 0,05 \cdot \frac{h}{b} ; 1,3 \right] = \min \left[\frac{1}{1} + 0,05 \cdot \frac{18}{18} ; 1,3 \right] = 1,05 \quad (6.15)$$

$$\eta_{M_x} = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} = \frac{0,0022}{1,05 \cdot 0,34} = 0,6 \% \quad (6.14) \quad \text{megfelel}$$

INTERAKCIÓS VIZSGÁLATOK

7. Normálerő-Hajlítás

EN 1995-1-1: 6.3.2, 6.2.4

Mértékadó teherkombináció: [Önsúly+Rétegrend+Tégla fal] {1,5*Szél [Tető] X-.P.S}

Teheridőtartam-osztály: Pillanatnyi

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 506 = 0 \text{ cm}$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,02^2}{1,8^2} + \frac{0,45}{2} + 0,7 \cdot \frac{0,00036}{2} = 22,1 \% \quad (6.19)$$

$$\eta_2 = \frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,02^2}{1,8^2} + 0,7 \cdot \frac{0,45}{2} + \frac{0,00036}{2} = 15,5 \% \quad (6.20)$$

$$\eta_{N,M} = \max(\eta_1 ; \eta_2) = \max(22,1 ; 15,5) = 22,1 \% \quad \text{megfelel}$$

8. Nyomás-Hajlítás-Kihajlás

EN 1995-1-1: 6.3.2

Mértékadó teherkombináció: [1,35*0,85*Önsúly+1,35*0,85*Rétegrend+1,35*0,85*Tégla fal] {1,5*Szél [Tető] X-.P.S}

Teheridőtartam-osztály: Pillanatnyi

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 506 = 0 \text{ cm}$

$$\lambda_y = \frac{K_{yy} \cdot L_{tot}}{i_{s,y}} = \frac{1,00 \cdot 506}{5,2} = 97,4$$

$$\lambda_z = \frac{K_{zz} \cdot L_{tot}}{i_{s,z}} = \frac{1,00 \cdot 506}{5,2} = 97,4$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{97,4}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2,1}{740}} = 1,7 \quad (6.21)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{97,4}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2,1}{740}} = 1,7 \quad (6.22)$$

$$k_y = 0,5 \cdot \frac{1}{\lambda_{rel,y}} + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 = 0,5 \cdot (1 + 0,20 \cdot (1,7 - 0,3) + 1,7^2) = 2,00 \quad (6.27)$$

$$k_z = 0,5 \cdot \frac{1}{\lambda_{rel,z}} + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2 = 0,5 \cdot (1 + 0,20 \cdot (1,7 - 0,3) + 1,7^2) = 2,00 \quad (6.28)$$

$$k_{c,y} = \min \left\{ \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}; \frac{1}{2,00 + \sqrt{2,00^2 - 1,7^2}} \right\} = 0,32 \quad (6.25)$$

$$k_{c,z} = \min \left\{ \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}; \frac{1}{2,00 + \sqrt{2,00^2 - 1,7^2}} \right\} = 0,32 \quad (6.26)$$

$$\eta_1 = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{|0,023|}{0,32 \cdot 1,8} + \frac{|0,45|}{2} + 0,7 \cdot \frac{|0,00033|}{2} = 26,1 \% \quad (6.23)$$

$$\eta_2 = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{|0,023|}{0,32 \cdot 1,8} + 0,7 \cdot \frac{|0,45|}{2} + \frac{|0,00033|}{2} = 19,5 \% \quad (6.24)$$

$$\eta_{NM,Buck} = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(26,1; 19,5) = 26,1 \% \quad \text{megfelel}$$

9. Normálerő-Hajlítás-Kifordulás

EN 1995-1-1: 6.3.3

Mértékadó teherkombináció: [Önsúly+Rétegtrend+Tégla fal] {1,5*Szél [Tető] X-P.S}

Teheridőtartam-osztály: Pillanatnyi

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 506 = 0 \text{ cm}$

$$dL = 2 \cdot h_{max} = 2 \cdot 18_{max} = 36 \text{ cm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot (K_{LT} \cdot L_{tot} + dL)} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 18^2}{18 \cdot (1,00 \cdot 506 + 36)} \cdot 740 = 19 \text{ kN/cm}^2 \quad (6.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{2,4}{19}} = 0,35 \quad (6.30)$$

$$k_{crit} = 1,00 \quad (6.34)$$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\frac{|\sigma_{m,y,d}|}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}}^2}{\frac{0,02}{0,32 \cdot 1,8} + \frac{0,45^2}{1,00 \cdot 2}} = 8,4 \% \quad (6.35)$$

$$\eta_2 = \frac{\frac{|\sigma_{m,y,d}|}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}}}{\frac{0,45}{1,00 \cdot 2}} = 22,1 \% \quad (6.33)$$

$$\eta_{N,M,LTB} = \max(\eta_1; \eta_2) = 22,1 \% \quad \text{megfelel}$$

10. Nyírás-Csavarás

DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12 NCI NA.6.1.9 (no EN 1995-1-1 formula)

Mértékadó teherkombináció: [1,35*0,85*Önsúly+1,35*0,85*Rétegrend+1,35*0,85*Tégla fal] {1,5*Szél [Tető] X-.P.S}

Teheridőtartam-osztály: Pillanatnyi

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 506 = 0$ cm

A pontban (a b oldal közepén a szélső pontban); $\tau_{V_z,d} = 0$

$$\tau_{tor,d,A} = 4,4565 \cdot 10^{-5} \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{V_y,d} = \frac{1,5 \cdot |V_y|}{k_{cr} \cdot h \cdot b} = \frac{1,5 \cdot |0,0013|}{0,67 \cdot 18 \cdot 18} = 8,7169 \cdot 10^{-6} \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_A = \frac{\frac{|\tau_{tor,d,A}|}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \frac{\frac{\tau_{V_y,d}^2}{f_{v,y,d}}}{\frac{4,4565 \cdot 10^{-5}}{1,05 \cdot 0,34} + \frac{8,7169 \cdot 10^{-6}^2}{0,34}} = 0 \% \quad (NA.55)$$

B pontban (a h oldal közepén a szélső pontban); $\tau_{V_y,d} = 0$

$$\tau_{tor,d,B} = 4,4548 \cdot 10^{-5} \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{V_z,d} = \frac{1,5 \cdot |V_z|}{k_{cr} \cdot h \cdot b} = \frac{1,5 \cdot |(-0,45)|}{0,67 \cdot 18 \cdot 18} = 0,031 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_B = \frac{\frac{|\tau_{tor,d,B}|}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \frac{\frac{\tau_{V_z,d}^2}{f_{v,z,d}}}{\frac{4,4548 \cdot 10^{-5}}{1,05 \cdot 0,34} + \frac{0,031^2}{0,34}} = 0,9 \% \quad (NA.55)$$

O pontban (a keresztmetszet középpontjában); $\tau_{tor,d,O} = 0$

$$\eta_O = \frac{\frac{\tau_{V_y,d}^2}{f_{v,y,d}} + \frac{\tau_{V_z,d}^2}{f_{v,z,d}}}{\frac{8,7169 \cdot 10^{-6}^2}{0,34} + \frac{0,031^2}{0,34}} = 0,9 \% \quad (NA.55)$$

$$\eta_{V_y, V_z, M_x} = \max(\eta_A; \eta_B; \eta_O; \eta_{V_y}; \eta_{V_z}) = \max(0; 0,9; 0,9; 0; 9,3) = 9,3 \% \quad \text{megfelel}$$

11. Tetőponti keresztirányú feszültség

EN 1995-1-1: 6.4.3

Mértékadó teherkombináció: [1,35*Önsúly+1,35*Rétegrend+1,35*Tégla fal] {1,5*0,5*Hó.}

(1,5*0,6*Szél [Tető] Y.P.P)

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi**

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 506 = 0 \text{ cm}$

$\eta_{Apex} = 0 \%$ (6.53) **megfelel**

12. SLS (használhatósági határállapot) - A deformáció végértéke

EN 1995-1-1: 2.2.3, 7.2

Mértékadó teherkombináció: [Önsúly+Rétegtrend+Tégla fal] {Szél [Tető] X-.P.S}

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,55 \cdot L = 0,55 \cdot 506 = 278 \text{ cm}$

$k_{def} = 0,8$

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

$w_{net,fin,z} = |w_{fin,z}| = |(-0,55)| = 0,55 \text{ cm}$

$w_{limit,z} = \frac{L}{150,0} = \frac{506}{150,0} = 3,4 \text{ cm}$

$\eta_{SLS,z} = \frac{w_{net,fin,z}}{w_{limit,z}} = \frac{0,55}{3,4} = 16,4 \%$

$\eta_{SLS} = \eta_{SLS,z} = 16,4 \%$ **megfelel**

13. SLS (használhatósági határállapot) - Pillanatnyi deformáció

EN 1995-1-1: 2.2.3, 7.2

Mértékadó teherkombináció: [Önsúly+Rétegtrend+Tégla fal] {Szél [Tető] X-.P.S}

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,55 \cdot L = 0,55 \cdot 506 = 278 \text{ cm}$

$w_{net,inst,z} = \frac{w_{inst,z} - u_{inst,z}}{L} \cdot x = \frac{(-1) - (-1,8)}{506} \cdot 278 = 0,49 \text{ cm}$

$w_{limit,z} = \frac{L}{300,0} = \frac{506}{300,0} = 1,7 \text{ cm}$

$\eta_{SLS,z} = \frac{w_{net,inst,z}}{w_{limit,z}} = \frac{0,49}{1,7} = 29,1 \%$

$\eta_{SLS} = \eta_{SLS,z} = 29,1 \%$ **megfelel**

Kihajlásvizsgálatok

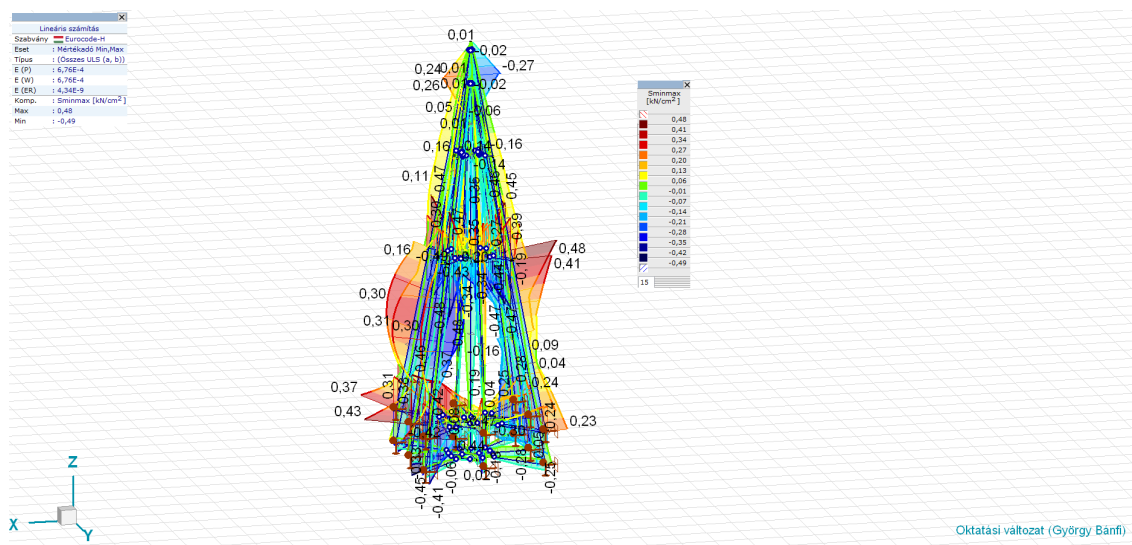
Összes kritikus teherparaméter

	Eset	α_{cr1}	α_{cr2}	α_{cr3}	α_{cr4}	α_{cr5}	α_{cr6}
1	Önsúly	-66,829	67,870	71,912	72,351	72,609	72,826
2	Rétegtrend	49,065	57,525	73,712	76,702	83,825	91,893
3	Tégla fal	-9556340,000	-9945209,000	-9972077,000	-9993953,000	-1,0888E+7	-1,0904E+7
4	Szél [Tető] X+.P.O	-38,046	40,253	-47,391	48,223	-53,120	54,270
5	Szél [Tető] X+.P.P	-31,375	-32,603	33,043	33,187	-35,626	36,204
6	Szél [Tető] X+.P.S	-147,729	-153,487	156,018	156,699	-167,734	170,945
7	Szél [Tető] X-.P.O	24,897	25,873	-26,201	-26,315	28,271	-28,708
8	Szél [Tető] X-.P.P	33,196	34,497	-34,934	-35,087	37,695	-38,277
9	Szél [Tető] X-.P.S	18,107	18,817	-19,055	-19,138	20,561	-20,878
10	Szél [Tető] Y+.P.O	-32,298	34,099	-36,574	37,212	-38,290	38,936
11	Szél [Tető] Y+.P.P	-24,388	25,741	-27,026	27,482	-28,602	29,073
12	Szél [Tető] Y+.P.S	-62,894	66,473	-77,178	-78,329	-78,476	78,648
13	Szél [Tető] Y-.P.O	-33,601	34,130	-35,259	37,237	-38,291	38,966
14	Szél [Tető] Y-.P.P	-25,366	25,760	-26,040	27,494	-28,605	29,090
15	Szél [Tető] Y-.P.S	-65,496	66,576	-75,187	-77,824	-78,476	78,776

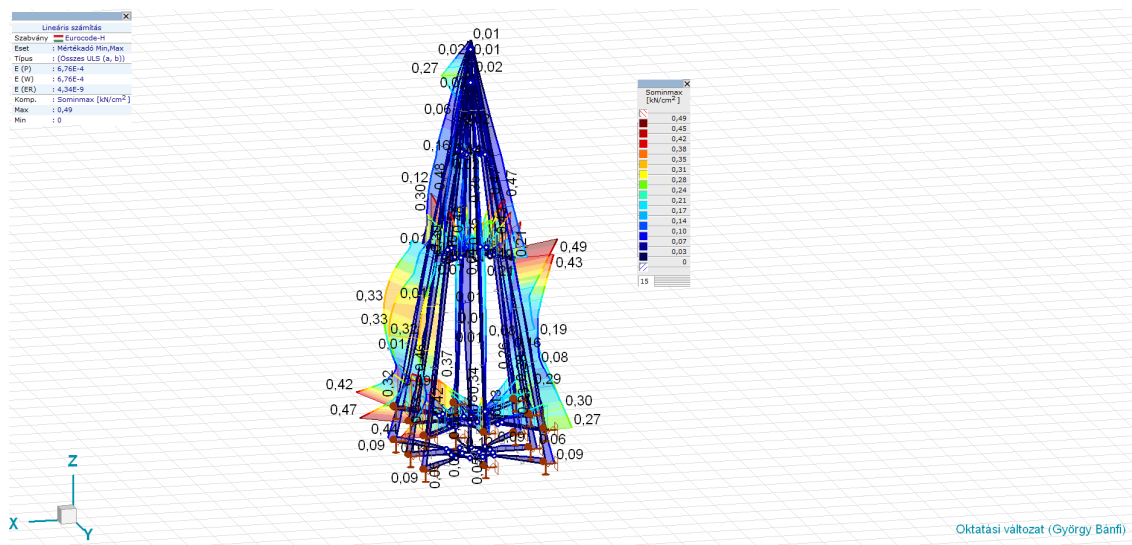
	Eset	α_{cr7}	α_{cr8}	α_{cr9}	α_{cr10}	α_{cr11}	α_{cr12}
1	Önsúly	77,807	81,488	82,159	88,069	92,521	92,615
2	Rétegtrend	91,954	92,051	99,104	111,010	111,261	111,750
3	Tégla fal	-1,1943E+7	-1,1952E+7	-1,1954E+7	-1,1955E+7	-1,1961E+7	-1,1965E+7
4	Szél [Tető] X+.P.O	-58,395	59,662	-63,325	65,122	-75,821	77,973
5	Szél [Tető] X+.P.P	-39,063	-39,083	-39,125	39,680	39,700	39,742
6	Szél [Tető] X+.P.S	-183,917	-184,005	-184,204	187,360	187,448	187,650
7	Szél [Tető] X-.P.O	30,998	31,015	31,047	-31,463	-31,480	-31,513
8	Szél [Tető] X-.P.P	41,331	41,353	41,396	-41,951	-41,973	-42,017
9	Szél [Tető] X-.P.S	22,544	22,556	22,580	-22,883	-22,894	-22,919
10	Szél [Tető] Y+.P.O	-40,222	40,864	-42,016	42,716	-43,869	44,633
11	Szél [Tető] Y+.P.P	-30,372	30,849	-31,394	31,904	-32,408	32,952
12	Szél [Tető] Y+.P.S	79,649	80,011	-85,319	86,884	-93,435	95,317

	Eset	α_{cr7}	α_{cr8}	α_{cr9}	α_{cr10}	α_{cr11}	α_{cr12}
13	Szél [Tető] Y-P.O	-40,265	40,901	-42,057	42,750	-43,906	44,663
14	Szél [Tető] Y-P.P	-30,398	30,872	-31,417	31,922	-32,426	32,966
15	Szél [Tető] Y-P.S	79,771	80,142	-85,485	87,023	-93,626	95,477

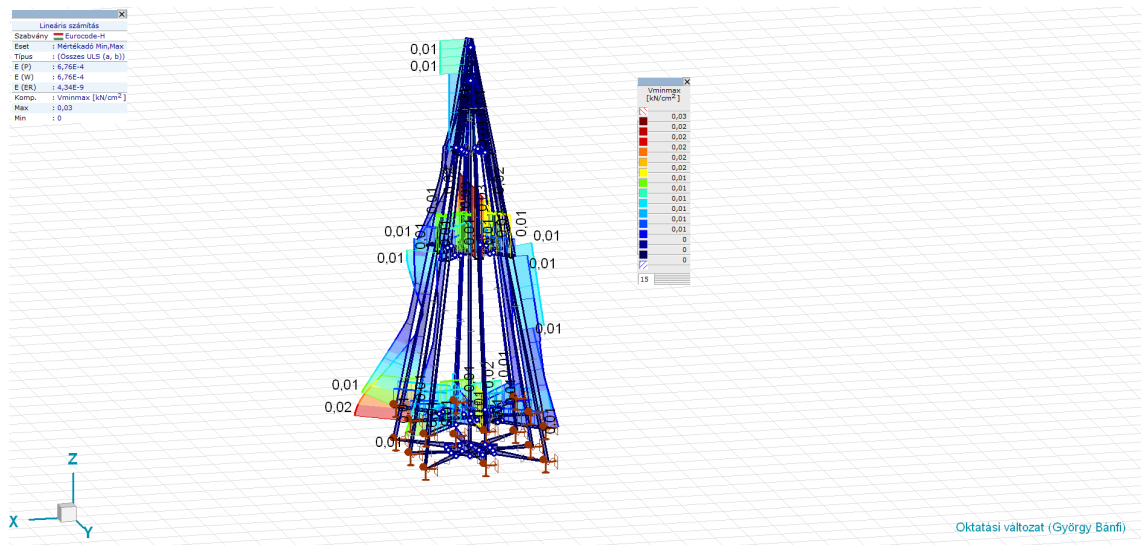
Rúdelem feszültségek



[I], lineáris,(Auto) Mértékadó, Sminmax, Kitöltött diagram



[I], lineáris,(Auto) Mértékadó, Sominmax, Kitöltött diagram



[I], lineáris, (Auto) Mértékadó, Vminmax, Kitöltött diagram

Súlyelemzés

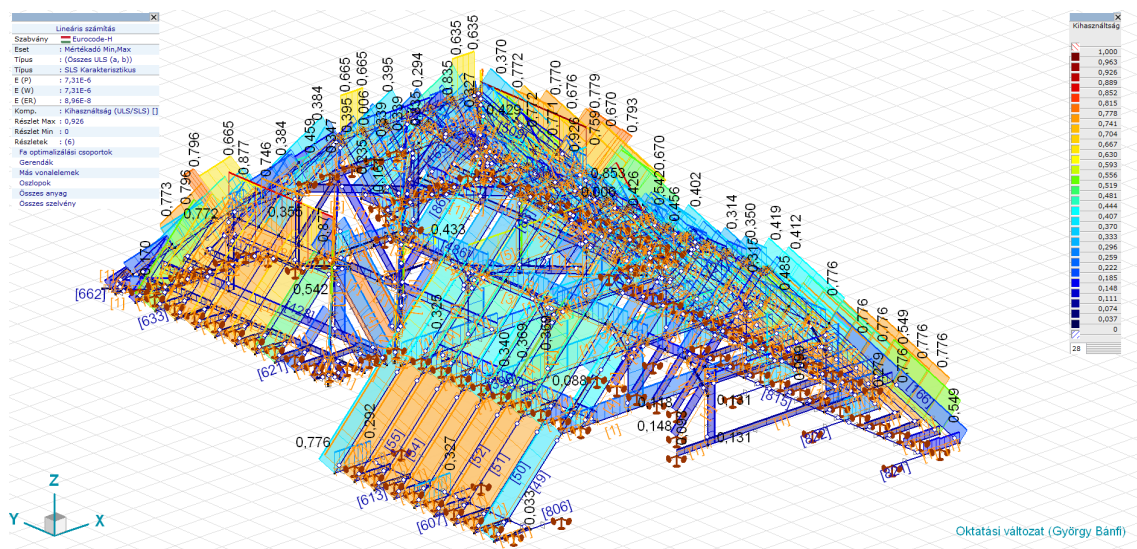
Súly anyagok szerint

	Anyag neve	ρ [kg/m ³]	ΣV [m ³]	ΣG [kg]
1	C24	420	8,145	3420,968
	Összesen		8,145	3420,968

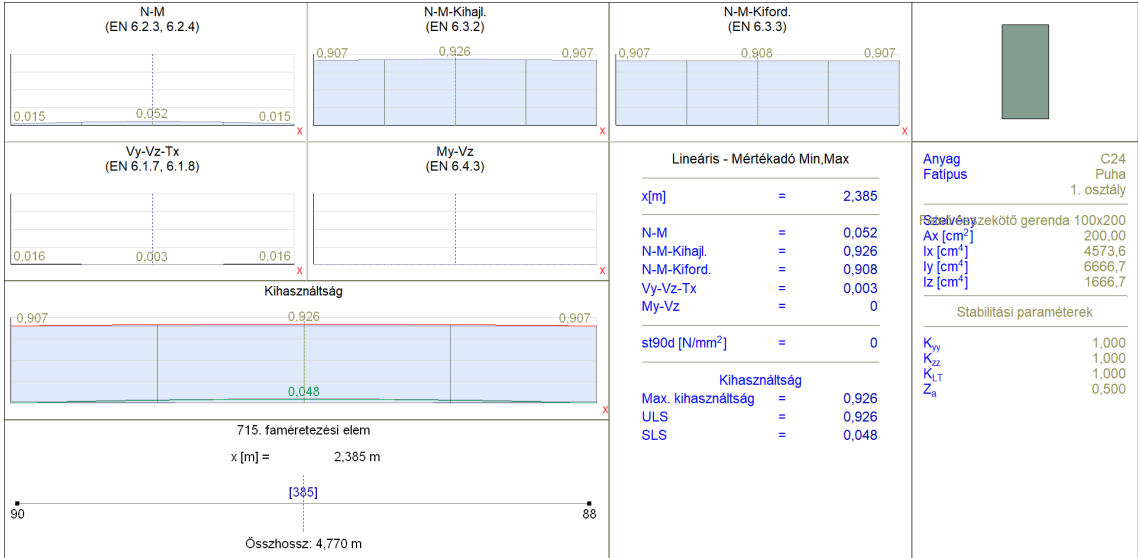
4.4. Keresztmetszet optimalizáció AXIS végeselemes szoftverrel

Szelvények

	Név	Rajz	h [cm]	b [cm]	Ax [cm ²]	Iy [cm ⁴]	Iz [cm ⁴]	iy [cm]	iz [cm]
1	Taréjszelemen 10x10		10,0	10,0	100,00	833,3	833,3	2,9	2,9
2	Fogópár 2x5x10		10,0	20,0	100,00	833,3	5833,3	2,9	7,6
3	Szarufa 10x15		15,0	10,0	150,00	2812,5	1250,0	4,3	2,9
4	Összekötő gerenda 150x175		17,5	15,0	262,50	6699,2	4921,9	5,1	4,3
5	Oszlop 150x150		15,0	15,0	225,00	4218,8	4218,8	4,3	4,3
6	Középszelemen 150x200		20,0	15,0	300,00	10000,0	5625,0	5,8	4,3
7	Dúc 100x100		12,0	10,0	120,00	1440,0	1000,0	3,5	2,9
8	Felső összekötő gerenda 100x200		20,0	10,0	200,00	6666,7	1666,7	5,8	2,9



[TmI], > 25 részlet, lineáris, (Auto) Mértékadó, Kihasznátság, Kitöltött diagram



[Stl], lineáris,(Auto) Mértékadó, Kihasznátság, 715. faméretezési elem, [Poz.: 2,385m;]

Statikai számítás

FA SZERKEZETI ELEM ELLENŐRZÉSE

715 méretezési elem

Csomópontok: **90-88**Szabvány: **Eurocode-H**

MSZ EN 1995-1-1

Anyag: **C24**Felhasználási osztály: **1**Szelvény: **Felső összekötő gerenda 100x200**Tehereset: **lineáris,(Auto) Mértékadó**Teheridőtartam-osztály: **lineáris,(Auto) Mértékadó****1. Normálerő**

EN 1995-1-1: 6.1.2, 6.1.4

Mértékadó teherkombináció: **[1,35*0,85*Önsúly+1,35*0,85*Rétegtrendl] {1,5*Hóteher DX+}**Teheridőtartam-osztály: **Közepes idejű**Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,02 \cdot L = 0,02 \cdot 477 = 12 \text{ cm}$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{|N_x|}{A_x} = \frac{|(-28)|}{200} = 0,14 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 2,1}{1,3} = 1,3 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_N = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,14}{1,3} = 10,8 \% \quad (6.2) \quad \text{megfelel}$$

2. Hajlítás (y)

EN 1995-1-1: 6.1.6

Mértékadó teherkombináció: **[1,35*Önsúly+1,35*Rétegtrendl]**Teheridőtartam-osztály: **Állandó**Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 477 = 238 \text{ cm}$

$$k_{h,y} = 1 \quad (3.1)$$

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,y} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,60 \cdot 1 \cdot 2,4}{1,3} = 1,1 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{|M_y|}{W_y} = \frac{|(-32)|}{667} = 0,047 \text{ kN/cm}^2 \quad (6.37)$$

$$\eta_{M_y} = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,047}{1,1} = 4,3 \% \quad \text{megfelel}$$

3. Hajlítás (z)

EN 1995-1-1: 6.1.6

Mértékadó teherkombináció: $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Önsúly} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Rétegtrend}] \{1,5 \cdot \text{Szélteher [Szél] X-.P.S}\}$
(1,5*0,5*Hóteher DX+)

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi**

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,02 \cdot L = 0,02 \cdot 477 = 12 \text{ cm}$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{|M_z|}{W_z} = \frac{|(-1,5773 \cdot 10^{-8})|}{333} = 4,7319 \cdot 10^{-11} \text{ kN/cm}^2$$

$$k_{h,z} = \min \left\{ \frac{150}{b}^{0,2}; 1,3 \right\} = \min \left\{ \frac{150}{10}^{0,2}; 1,3 \right\} = 1,084 \quad (3.1)$$

$$f_{m,z,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,z} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{1,10 \cdot 1,084 \cdot 2,4}{1,3} = 2,2 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_{M_z} = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{4,7319 \cdot 10^{-11}}{2,2} = 0 \% \quad \text{megfelel}$$

4. Nyírás(y)

EN 1995-1-1: 6.1.7

Mértékadó teherkombináció: $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Önsúly} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{Rétegtrend}] \{1,5 \cdot \text{Szélteher [Szél] X-.P.S}\}$
(1,5*0,5*Hóteher DX+)

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi**

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,02 \cdot L = 0,02 \cdot 477 = 12 \text{ cm}$

$$k_{cr} = 0,67 \quad (6.13a)$$

$$\tau_{V_y,d} = \frac{1,5 \cdot |V_y|}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{1,5 \cdot |0|}{0,67 \cdot 10 \cdot 20} = 0 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{v,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,y,k}}{\gamma_M} = \frac{1,10 \cdot 0,4}{1,3} = 0,34 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_{V_y} = \frac{\tau_{V_y,d}}{f_{v,y,d}} = \frac{0}{0,34} = 0 \% \quad (6.13) \quad \text{megfelel}$$

5. Nyírás(z)

EN 1995-1-1: 6.1.7

Mértékadó teherkombináció: $[1,35 \cdot \text{Önsúly} + 1,35 \cdot \text{Rétegtrend}]$

Teheridőtartam-osztály: **Állandó**

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,02 \cdot L = 0,02 \cdot 477 = 12 \text{ cm}$

$$k_{cr} = 0,67 \quad (6.13a)$$

$$\tau_{V_z,d} = \frac{1,5 \cdot |V_z|}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{1,5 \cdot |(-0,25)|}{0,67 \cdot 10 \cdot 20} = 0,0028 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{v,z,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,z,k}}{\gamma_M} = \frac{0,60 \cdot 0,4}{1,3} = 0,18 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_{V_z} = \frac{\tau_{V_z,d}}{f_{v,z,d}} = \frac{0,0028}{0,18} = 1,5 \% \quad (6.13) \quad \text{megfelel}$$

6. Csavarás

EN 1995-1-1: 6.1.8

Mértékadó teherkombináció: **[1,35*0,85*Önsúly+1,35*0,85*Rétegtrend]** {1,5*Hóteher DX+}

Teheridőtartam-osztály: **Közepes idejű**

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,02 \cdot L = 0,02 \cdot 477 = 12 \text{ cm}$

$$\tau_{tor,d} = -0,00078 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 0,4}{1,3} = 0,25 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_{shape} = \min \left[\frac{1}{1} + 0,05 \cdot \frac{h}{b} ; 1,3 \right] = \min \left[\frac{1}{1} + 0,05 \cdot \frac{20}{10} ; 1,3 \right] = 1,1 \quad (6.15)$$

$$\eta_{M_x} = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} = \frac{(-0,00078)}{1,1 \cdot 0,25} = -0,3 \% \quad (6.14) \quad \text{megfelel}$$

INTERAKCIÓS VIZSGÁLATOK

7. Normálerő-Hajlítás

EN 1995-1-1: 6.3.2, 6.2.4

Mértékadó teherkombináció: **[1,35*Önsúly+1,35*Rétegtrend]**

Teheridőtartam-osztály: **Állandó**

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 477 = 238 \text{ cm}$

$$\eta_1 = \frac{\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}}}{1} = \frac{\frac{0,091^2}{0,97} + \frac{0,047}{1,1} + 0,7 \cdot \frac{0}{1,2}}{1} = 5,2 \% \quad (6.19)$$

$$\eta_2 = \frac{\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}}}{1} = \frac{\frac{0,091^2}{0,97} + 0,7 \cdot \frac{0,047}{1,1} + \frac{0}{1,2}}{1} = 3,9 \% \quad (6.20)$$

$$\eta_{N,M} = \max(\eta_1 ; \eta_2) = \max(5,2 ; 3,9) = 5,2 \% \quad \text{megfelel}$$

8. Nyomás-Hajlítás-Kihajlás

EN 1995-1-1: 6.3.2

Mértékadó teherkombináció: **[1,35*0,85*Önsúly+1,35*0,85*Rétegtrend]** {1,5*Hóteher DX+}

Teheridőtartam-osztály: **Közepes idejű**

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 477 = 238 \text{ cm}$

$$\lambda_y = \frac{K_{yy} \cdot L_{tot}}{i_{s,y}} = \frac{1,00 \cdot 477}{5,8} = 82,6$$

$$\lambda_z = \frac{K_{zz} \cdot L_{tot}}{i_{s,z}} = \frac{1,00 \cdot 477}{2,9} = 165,2$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{82,6}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2,1}{740}} = 1,4 \quad (6.21)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{165,2}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2,1}{740}} = 2,8 \quad (6.22)$$

$$k_y = 0,5 \cdot \frac{1}{\lambda_{rel,y}} + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 = 0,5 \cdot (1 + 0,20 \cdot (1,4 - 0,3) + 1,4^2) = 1,59 \quad (6.27)$$

$$k_z = 0,5 \cdot \frac{1}{\lambda_{rel,z}} + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2 = 0,5 \cdot (1 + 0,20 \cdot (2,8 - 0,3) + 2,8^2) = 4,68 \quad (6.28)$$

$$k_{c,y} = \min \left\{ \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}; \frac{1}{1,59 + \sqrt{1,59^2 - 1,4^2}} \right\} = 0,43 \quad (6.25)$$

$$k_{c,z} = \min \left\{ \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}; \frac{1}{4,68 + \sqrt{4,68^2 - 2,8^2}} \right\} = 0,12 \quad (6.26)$$

$$\eta_1 = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{|0,14|}{0,43 \cdot 1,3} + \frac{|0,04|}{1,5} + 0,7 \cdot \frac{|0|}{1,6} = 28,0 \% \quad (6.23)$$

$$\eta_2 = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{|0,14|}{0,12 \cdot 1,3} + 0,7 \cdot \frac{|0,04|}{1,5} + \frac{|0|}{1,6} = 92,6 \% \quad (6.24)$$

$$\eta_{N,M,Buck} = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(28,0; 92,6) = 92,6 \% \quad \text{megfelel}$$

9. Normálerő-Hajlítás-Kifordulás

EN 1995-1-1: 6.3.3

Mértékadó teherkombináció: [1,35*0,85*Önsúly+1,35*0,85*Rétegtrend] {1,5*Hóteher DX+}

Tetheridőtartam-osztály: Közepes idejű

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,25 \cdot L = 0,25 \cdot 477 = 119 \text{ cm}$

$$dL = 2 \cdot h_{max} = 2 \cdot 20_{max} = 40 \text{ cm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot (K_{LT} \cdot L_{tot} + dL)} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 10^2}{20 \cdot (1,00 \cdot 477 + 40)} \cdot 740 = 5,6 \text{ kN/cm}^2 \quad (6.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{2,4}{5,6}} = 0,66 \quad (6.30)$$

$$k_{crit} = 1,00 \quad (6.34)$$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|^2}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} = \frac{0,14}{0,12 \cdot 1,3} + \frac{|0,03|^2}{1,00 \cdot 1,5} = 90,7 \% \quad (6.35)$$

$$\eta_2 = \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} = \frac{|0,03|}{1,00 \cdot 1,5} = 2,0 \% \quad (6.33)$$

$$\eta_{N,M,LTB} = \max(\eta_1 ; \eta_2) = 90,7 \% \quad \text{megfelel}$$

10. Nyírás-Csavarás

DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12 NCI NA.6.1.9 (no EN 1995-1-1 formula)

Mértékadó teherkombináció: [1,35*Önsúly+1,35*Rétegtrend]

Teheridőtartam-osztály: Állandó

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 477 = 0 \text{ cm}$

A pontban (a b oldal közepén a szélső pontban); $\tau_{V,z,d} = 0$

$$\tau_{tor,d,A} = 0,00039 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{V,y,d} = \frac{1,5 \cdot |V_y|}{k_{cr} \cdot h \cdot b} = \frac{1,5 \cdot |0|}{0,67 \cdot 20 \cdot 10} = 0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_A = \frac{|\tau_{tor,d,A}|}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \frac{|\tau_{V,y,d}|^2}{f_{v,y,d}} = \frac{|0,00039|}{1,1 \cdot 0,18} + \frac{|0|^2}{0,18} = 0,2 \% \quad (NA.55)$$

B pontban (a h oldal közepén a szélső pontban); $\tau_{V,y,d} = 0$

$$\tau_{tor,d,B} = 0,00049 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{V,z,d} = \frac{1,5 \cdot |V_z|}{k_{cr} \cdot h \cdot b} = \frac{1,5 \cdot |(-0,027)|}{0,67 \cdot 20 \cdot 10} = 0,003 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_B = \frac{|\tau_{tor,d,B}|}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \frac{|\tau_{V,z,d}|^2}{f_{v,z,d}} = \frac{|0,00049|}{1,1 \cdot 0,18} + \frac{|0,003|^2}{0,18} = 0,3 \% \quad (NA.55)$$

O pontban (a keresztmetszet középpontjában); $\tau_{tor,d,O} = 0$

$$\eta_O = \frac{|\tau_{V,y,d}|^2}{f_{v,y,d}} + \frac{|\tau_{V,z,d}|^2}{f_{v,z,d}} = \frac{|0|^2}{0,18} + \frac{|0,003|^2}{0,18} = 0 \% \quad (NA.55)$$

$$\eta_{V,y,V,z,M_x} = \max(\eta_A ; \eta_B ; \eta_O ; \eta_{V_y} ; \eta_{V_z}) = \max(0,2 ; 0,3 ; 0 ; 0 ; 1,6) = 1,6 \% \quad \text{megfelel}$$

11. Tetőponti keresztirányú feszültség

EN 1995-1-1: 6.4.3

Mértékadó teherkombináció: [1,35*0,85*Önsúly+1,35*0,85*Rétegtrend] {1,5*Szélteher [Szél] X-P.S}
(1,5*0,5*Hóteher DX+)

Teheridőtartam-osztály: **Pillanatnyi**

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 477 = 0 \text{ cm}$

$\eta_{Apex} = 0 \%$ (6.53) **megfelel**

12. SLS (használhatósági határállapot) - A deformáció végértéke

EN 1995-1-1: 2.2.3, 7.2

Mértékadó teherkombináció: [Önsúly+Rétegtrend] {Hóteher DY+}

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 477 = 238 \text{ cm}$

$k_{def} = 0,6$

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

$w_{net,fin,z} = |w_{fin,z}| = |(-0,12)| = 0,12 \text{ cm}$

$w_{limit,z} = \frac{L}{150,0} = \frac{477}{150,0} = 3,2 \text{ cm}$

$\eta_{SLS,z} = \frac{w_{net,fin,z}}{w_{limit,z}} = \frac{0,12}{3,2} = 3,8 \%$

$\eta_{SLS} = \eta_{SLS,z} = 3,8 \%$ **megfelel**

13. SLS (használhatósági határállapot) - Pillanatnyi deformáció

EN 1995-1-1: 2.2.3, 7.2

Mértékadó teherkombináció: [Önsúly+Rétegtrend] {Szélteher [Szél] X+.P.P} (0,5*Hóteher DY-)

Mértékadó keresztmetszet: $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 477 = 238 \text{ cm}$

$w_{net,inst,z} = w_{inst,z} - u_{inst,i,z} \cdot \frac{x}{L} - u_{inst,j,z} \cdot \frac{x}{L} = (-0,13) - (-0,34) \cdot \frac{1}{477} - 0,18 \cdot \frac{238}{477} = 0,076 \text{ cm}$

$w_{limit,z} = \frac{L}{300,0} = \frac{477}{300,0} = 1,6 \text{ cm}$

$\eta_{SLS,z} = \frac{w_{net,inst,z}}{w_{limit,z}} = \frac{0,076}{1,6} = 4,8 \%$

$\eta_{SLS} = \eta_{SLS,z} = 4,8 \%$ **megfelel**

Súlyelemzés

Súly anyagok szerint

	Anyag neve	ρ [kg/m ³]	ΣV [m ³]	ΣG [kg]
1	C24	420	19,926	8369,098
	Összesen		19,926	8369,098

Kihajlásvizsgálat

Összes kritikus teherparaméter

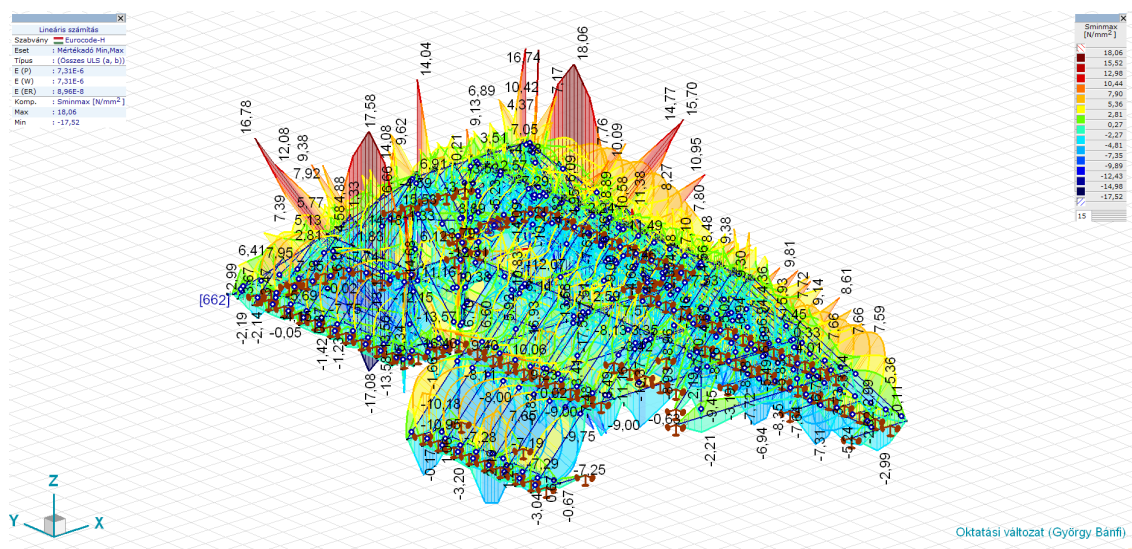
	Eset	α_{cr1}	α_{cr2}	α_{cr3}	α_{cr4}	α_{cr5}	α_{cr6}	α_{cr7}	α_{cr8}	α_{cr9}	α_{cr10}
1	Önsúly	14,333	14,346	16,609	17,297	17,365	18,577	18,659	18,737	18,779	22,538
2	Rétegtrend	4,988	5,887	6,221	6,309	6,829	8,060	8,205	8,290	8,957	8,958
3	Szélteher [Szél] X+.P.O	7,137	7,621	-9,621	-10,794	10,922	10,974	-11,892	-13,877	-14,533	-15,245
4	Szélteher [Szél] X+.P.P	-6,289	-7,223	-7,507	-8,799	-10,401	-11,039	11,663	11,720	-11,909	-12,670
5	Szélteher [Szél] X+.P.S	4,499	5,014	6,505	7,221	8,646	9,140	9,367	10,181	10,943	12,357
6	Szélteher [Szél] X-.P.O	7,183	7,679	-9,618	-10,784	10,975	11,057	-13,625	-13,886	-15,098	-15,529
7	Szélteher [Szél] X-.P.P	-6,300	-7,237	-8,816	-10,421	-11,291	-11,436	11,848	11,892	-12,695	-12,749
8	Szélteher [Szél] X-.P.S	4,507	5,026	6,512	7,237	8,648	8,967	9,377	10,426	10,946	12,660
9	Szélteher [Szél] Y-.P.O	-5,774	-5,796	-6,938	-6,960	-7,644	-7,678	-9,990	-10,023	-11,008	-11,056
10	Szélteher [Szél] Y-.P.P	-4,380	-4,399	-5,264	-5,287	-5,799	-5,824	-7,580	-7,613	-8,351	-8,387
11	Szélteher [Szél] Y-.P.S	-11,047	-11,067	-13,254	-13,263	-14,624	-14,691	-19,085	-19,099	-21,058	-21,155
12	Hóteher UD	6,133	6,162	7,646	7,674	7,761	7,807	10,097	10,194	11,010	11,029
13	Hóteher DX+	6,004	7,486	7,593	9,234	10,780	10,934	11,479	11,720	12,084	12,943
14	Hóteher DX-	6,023	7,496	7,630	9,158	10,794	10,987	11,384	11,621	12,253	14,161
15	Hóteher DY+	6,895	6,925	8,471	8,519	8,863	8,891	10,532	10,630	11,094	11,460
16	Hóteher DY-	6,671	6,700	8,096	8,124	8,685	8,731	10,172	10,271	11,067	11,107
17	Hóteher DX+Y+	6,133	6,162	7,646	7,674	7,761	7,807	10,097	10,194	11,010	11,029
18	Hóteher DX+Y-	6,133	6,162	7,646	7,674	7,761	7,807	10,097	10,194	11,010	11,029

	Eset	α_{cr1}	α_{cr2}	α_{cr3}	α_{cr4}	α_{cr5}	α_{cr6}	α_{cr7}	α_{cr8}	α_{cr9}	α_{cr10}
19	Hóteher DX-Y+	6,133	6,162	7,646	7,674	7,761	7,807	10,097	10,194	11,010	11,029
20	Hóteher DX-Y-	6,133	6,162	7,646	7,674	7,761	7,807	10,097	10,194	11,010	11,029
21	Hóteher UD_EX	3,066	3,081	3,823	3,837	3,881	3,904	5,049	5,097	5,505	5,514
22	Hóteher DX+EX	3,002	3,743	3,796	4,617	5,390	5,467	5,739	5,860	6,042	6,472
23	Hóteher DX-EX	3,011	3,748	3,815	4,579	5,397	5,494	5,692	5,810	6,127	7,081
24	Hóteher DY+EX	3,447	3,463	4,236	4,260	4,432	4,445	5,266	5,315	5,547	5,730
25	Hóteher DY-EX	3,336	3,350	4,048	4,062	4,342	4,365	5,086	5,136	5,533	5,553
26	Hóteher DX+Y+EX	3,066	3,081	3,823	3,837	3,881	3,904	5,049	5,097	5,505	5,514
27	Hóteher DX+Y-EX	3,066	3,081	3,823	3,837	3,881	3,904	5,049	5,097	5,505	5,514
28	Hóteher DX-Y+EX	3,066	3,081	3,823	3,837	3,881	3,904	5,049	5,097	5,505	5,514
29	Hóteher DX-Y-EX	3,066	3,081	3,823	3,837	3,881	3,904	5,049	5,097	5,505	5,514

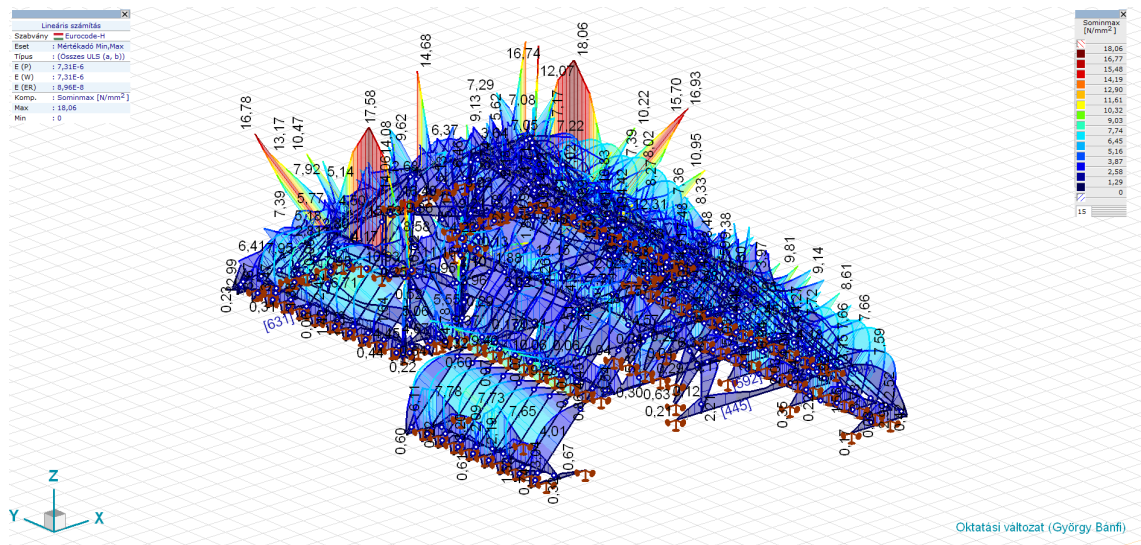
	Eset	α_{cr11}	α_{cr12}
1	Önsúly	24,908	25,006
2	Rétegrend	8,997	9,085
3	Szélteher [Szél] X+.P.O	-15,543	15,727
4	Szélteher [Szél] X+.P.P	15,246	-15,715
5	Szélteher [Szél] X+.P.S	13,170	-14,589
6	Szélteher [Szél] X-.P.O	15,804	16,121
7	Szélteher [Szél] X-.P.P	-15,589	15,626
8	Szélteher [Szél] X-.P.S	12,821	-14,417
9	Szélteher [Szél] Y-.P.O	-14,883	-16,081
10	Szélteher [Szél] Y-.P.P	-8,598	-8,803
11	Szélteher [Szél] Y-.P.S	34,255	-44,189
12	Hóteher UD	11,050	11,062
13	Hóteher DX+	14,206	14,229
14	Hóteher DX-	14,354	16,353
15	Hóteher DY+	12,198	12,268

	Eset	α_{cr11}	α_{cr12}
16	Hóteher DY-	11,658	11,699
17	Hóteher DX+Y+	11,050	11,062
18	Hóteher DX+Y-	11,050	11,062
19	Hóteher DX-Y+	11,050	11,062
20	Hóteher DX-Y-	11,050	11,062
21	Hóteher UD_EX	5,525	5,531
22	Hóteher DX+EX	7,103	7,115
23	Hóteher DX-EX	7,177	8,176
24	Hóteher DY+EX	6,099	6,134
25	Hóteher DY-EX	5,829	5,849
26	Hóteher DX+Y+EX	5,525	5,531
27	Hóteher DX+Y-EX	5,525	5,531
28	Hóteher DX-Y+EX	5,525	5,531
29	Hóteher DX-Y-EX	5,525	5,531

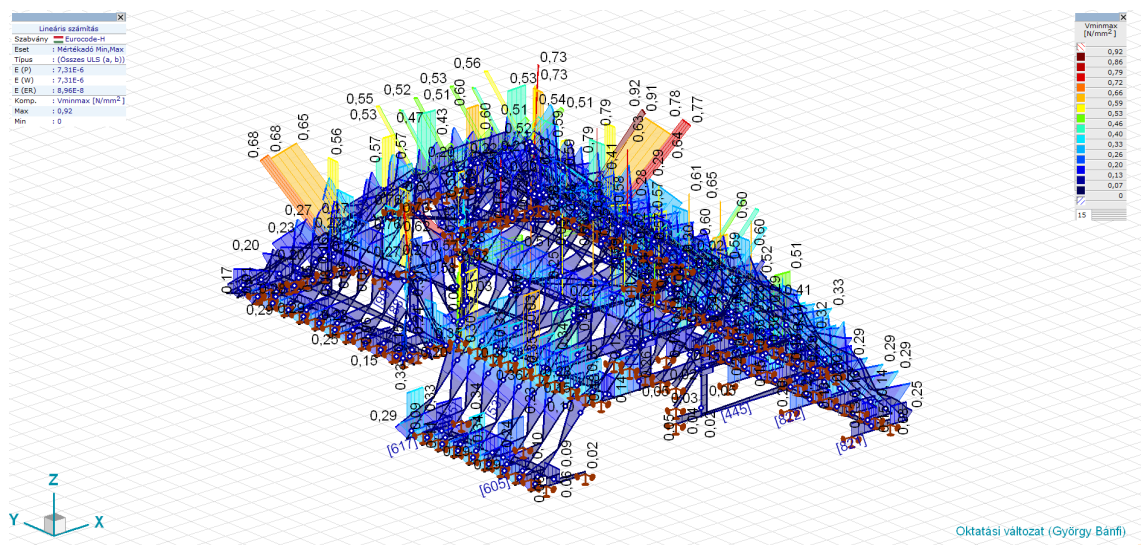
Rúdelemek feszültségei



[1], lineáris,(Auto) Mértékadó, Sminmax, Kitöltött diagram



[I], lineáris,(Auto) Mértékadó, Sominmax, Kitöltött diagram



[I], lineáris,(Auto) Mértékadó, Vminmax, Kitöltött diagram

4.5. Gyengített keresztmetszetek ellenőrzések AXIS végelelemes szoftverrel

Anyagok

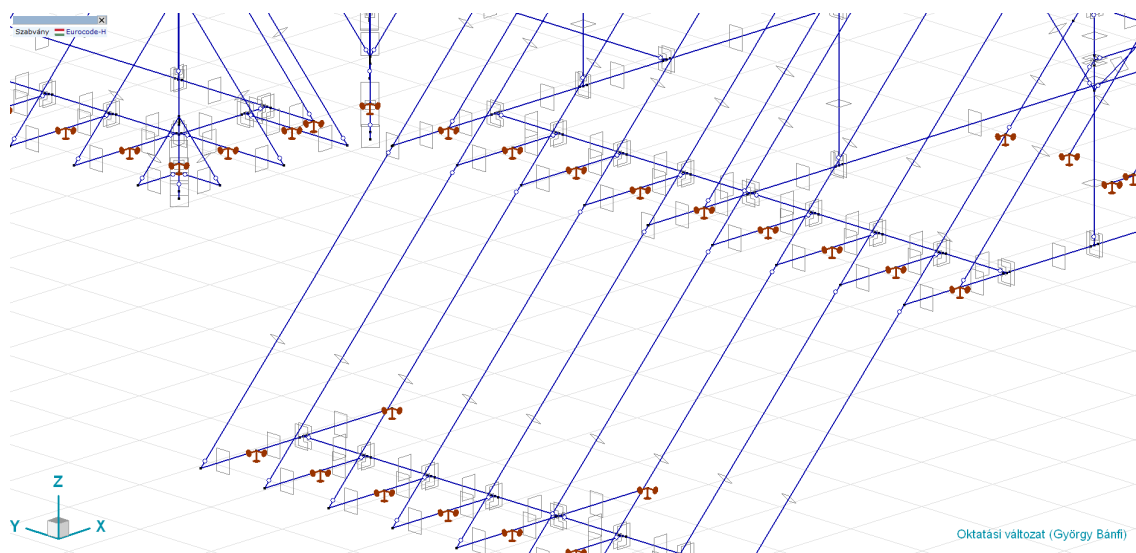
	Név	Típus	Nemzeti szabvány	Anyagszabvány	Modell	E_x [kN/cm ²]	E_y [kN/cm ²]
1	C24	Fa	Eurocode-H	EN 338:2009	Lineáris	1100	37

	Név	ν	α_T [1/°C]	ρ [kg/m ³]
1	C24	0,20	8E-6	420

Szelvények

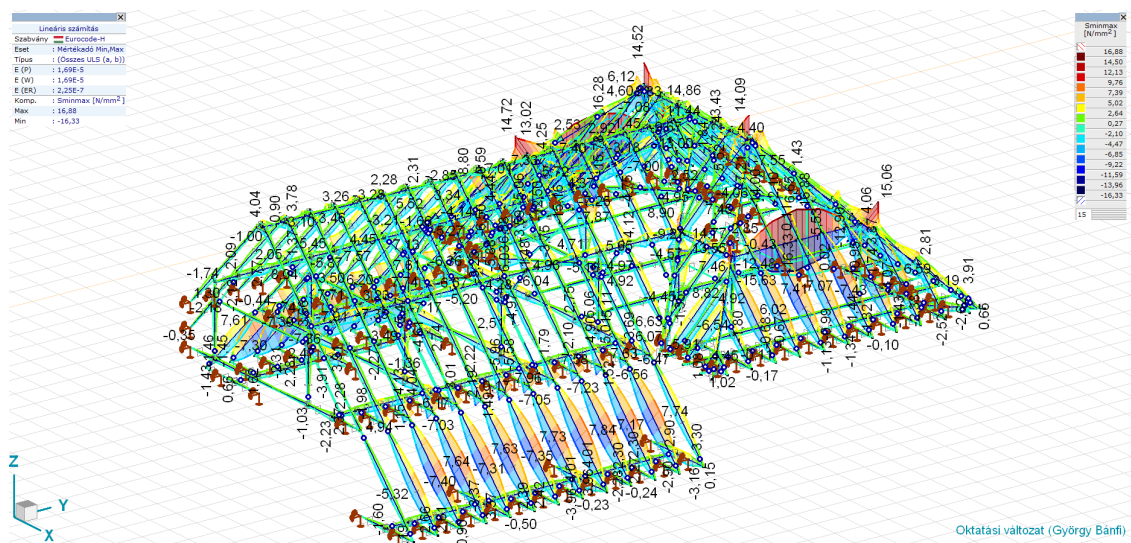
	Név	h [cm]	b [cm]	A _x [cm ²]	A _y [cm ²]	A _z [cm ²]	I _y [cm ⁴]	I _z [cm ⁴]	W _{1,cl,t} [cm ³]	W _{1,cl,b} [cm ³]
1	Taréjszelemen 10x10	10,0	10,0	100,00	83,33	83,33	833,3	833,3	166,7	166,7
2	Fogópár 2x5x10	10,0	20,0	100,00	0	0	833,3	5833,3	583,3	583,3
3	Szarufa 10x15	15,0	10,0	150,00	125,00	125,00	2812,5	1250,0	375,0	375,0
4	Duc 15x15	15,0	15,0	225,00	187,50	187,50	4218,8	4218,8	562,5	562,5
5	Oszlop 18x18	18,0	18,0	324,00	270,00	270,00	8748,0	8748,0	972,0	972,0
6	Összekötő gerenda 18x24	24,0	18,0	432,00	360,00	360,00	20736,0	11664,0	1728,0	1728,0
7	Középszelemen 18x18	18,0	18,0	324,00	270,00	270,00	8748,0	8748,0	972,0	972,0
8	Összekötő gerenda 18x24 1 oldalt	24,0	24,0	384,00	304,30	232,88	20480,0	9576,0	1706,7	1706,7
9	Összekötő gerenda 18x24 2 oldalt	24,0	30,0	336,00	263,82	136,49	20224,0	7920,0	1685,3	1685,3
10	Összekötő gerenda 18x24 felül	32,0	18,0	384,00	195,51	315,01	17024,0	11520,0	1309,5	1547,6
11	Oszlop 18x18 1 oldalt	18,0	24,0	288,00	232,80	162,53	8640,0	7182,0	960,0	960,0
12	Oszlop 18x18 2 oldalt	18,0	30,0	252,00	201,25	95,20	8532,0	5940,0	948,0	948,0
13	Oszlop 18x18 alul	24,0	18,0	288,00	162,53	232,81	7182,0	8640,0	960,0	960,0
14	Oszlop 18x18 alul-felül	30,0	18,0	252,00	95,20	201,25	5940,0	8532,0	948,0	948,0

	Név	$W_{2,elt}$ [cm ³]	$W_{2,elb}$ [cm ³]	$W_{1,pl}$ [cm ³]	$W_{2,pl}$ [cm ³]	i_y [cm]	i_z [cm]	y_G [cm]	z_G [cm]	y_s [cm]	z_s [cm]
1	Taréjszelemen 10x10	166,7	166,7	250,0	250,0	2,9	2,9	5,0	5,0	0	0
2	Fogópár 2x5x10	166,7	166,7	750,0	250,0	2,9	7,6	10,0	5,0	0	0
3	Szarufa 10x15	250,0	250,0	562,5	375,0	4,3	2,9	5,0	7,5	0	0
4	Duc 15x15	562,5	562,5	843,8	843,8	4,3	4,3	7,5	7,5	0	0
5	Oszlop 18x18	972,0	972,0	1458,0	1458,0	5,2	5,2	9,0	9,0	0	0
6	Összekötő gerenda 18x24	1296,0	1296,0	2592,0	1944,0	6,9	5,2	9,0	12,0	0	0
7	Középszelemen 18x18	972,0	972,0	1458,0	1458,0	5,2	5,2	9,0	9,0	0	0
8	Összekötő gerenda 18x24 1 oldalt	1160,7	982,2	2496,0	1632,0	7,3	5,0	15,8	12,0	3,5	0
9	Összekötő gerenda 18x24 2 oldalt	880,0	880,0	2400,0	1368,0	7,8	4,9	15,0	12,0	0	0
10	Összekötő gerenda 18x24 felül	1280,0	1280,0	2176,0	1872,0	6,7	5,5	9,0	11,0	0	-4,1
11	Oszlop 18x18 1 oldalt	870,5	736,6	1404,0	1224,0	5,5	5,0	15,8	9,0	3,3	0
12	Oszlop 18x18 2 oldalt	660,0	660,0	1350,0	1026,0	5,8	4,9	15,0	9,0	0	0
13	Oszlop 18x18 alul	870,5	736,6	1404,0	1224,0	5,0	5,5	9,0	15,8	0	3,3
14	Oszlop 18x18 alul-felül	660,0	660,0	1350,0	1026,0	4,9	5,8	9,0	15,0	0	0

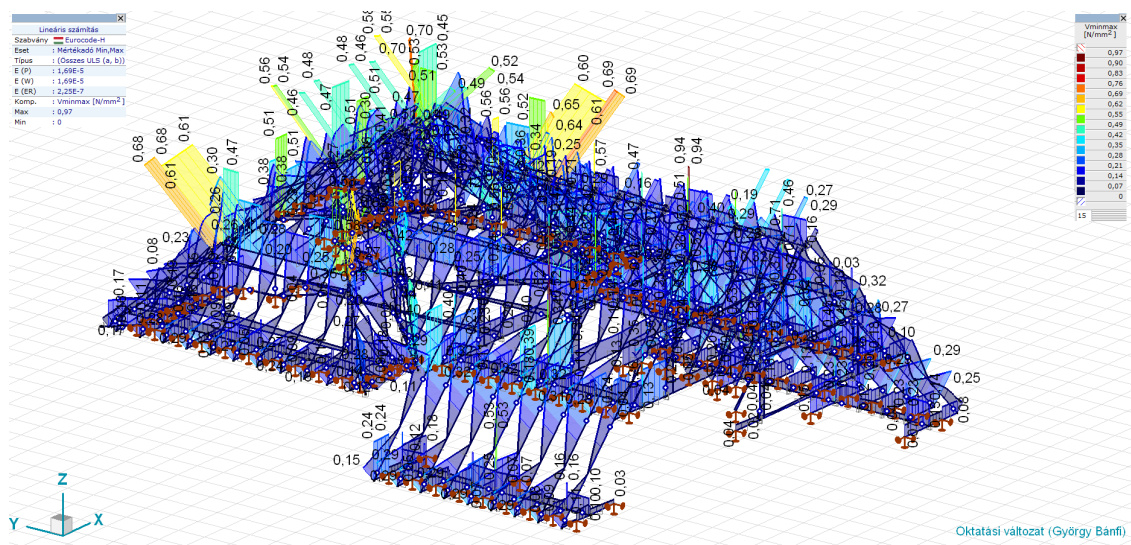


Gyengített keresztmetszetek

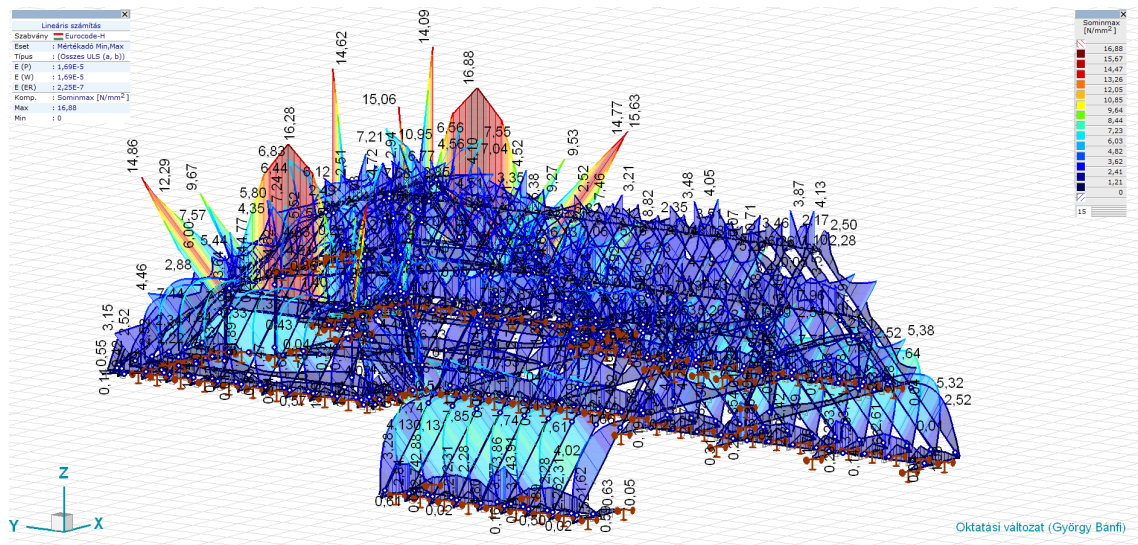
Statika



[I], lineáris,(Auto) Mértékadó, Sminmax, Kitöltött diagram

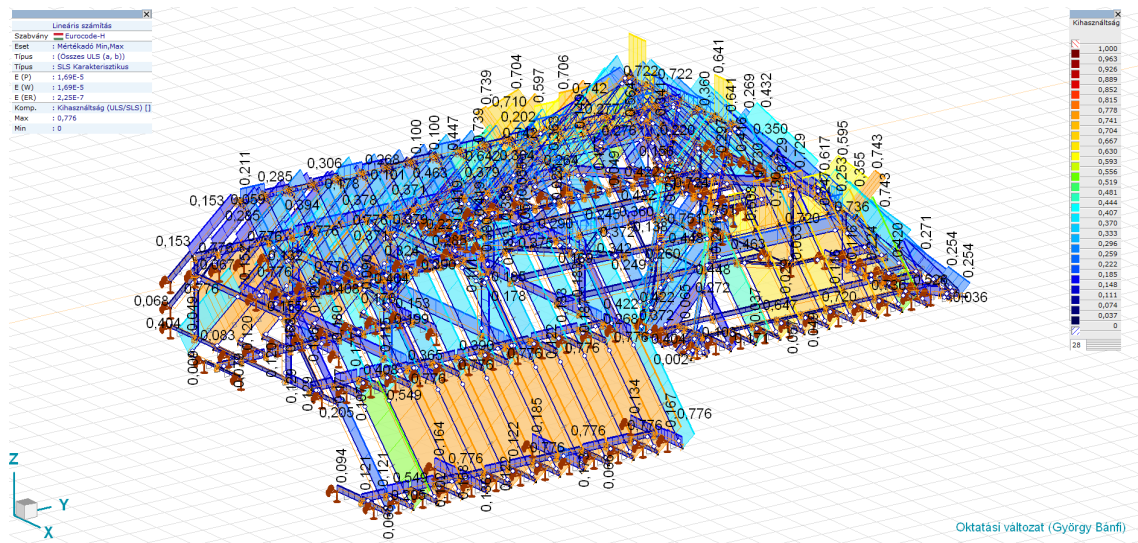


[I], lineáris,(Auto) Mértékadó, Vminmax, Kitöltött diagram



[I], lineáris,(Auto) Mértékadó, Sominmax, Kitöltött diagram

Kihasználtóságok



[TmI], lineáris,(Auto) Mértékadó, Kihasználtóság, Kitöltött diagram

Kihajlásvizsgálat

Összes kritikus teherparaméter

	Eset	α_{cr1}	α_{cr2}	α_{cr3}	α_{cr4}	α_{cr5}	α_{cr6}	α_{cr7}	α_{cr8}	α_{cr9}	α_{cr10}
1	Önsúly	44,882	66,066	66,066	66,286	66,286	67,931	67,931	68,374	68,374	68,552
2	Rétegtrend	28,111	28,111	28,129	28,129	28,141	28,141	30,714	30,714	32,496	32,496
3	Szélteher [Szél] X+.P.O	-12,445	12,874	-13,709	14,131	21,009	-25,256	-27,526	-28,000	28,967	-29,531
4	Szélteher [Szél] X+.P.P	12,528	-12,744	-13,828	14,119	19,862	-27,635	28,187	-28,673	-30,268	-30,690
5	Szélteher [Szél] X+.P.S	-12,021	13,431	-13,535	14,148	21,516	21,516	-22,368	23,001	23,650	23,650
6	Szélteher [Szél] X-.P.O	-12,395	12,991	-13,991	14,045	-21,900	-26,064	-27,728	-27,888	29,229	-29,734
7	Szélteher [Szél] X-.P.P	12,680	-12,734	13,924	-14,003	-23,306	28,531	-28,651	-28,707	-30,562	30,985
8	Szélteher [Szél] X-.P.S	-11,919	13,486	-13,975	14,232	-20,083	21,327	21,327	-22,901	23,313	23,313
9	Szélteher [Szél] Y-.P.O	-28,784	-28,784	-29,083	-29,083	-29,775	-29,775	-30,292	-30,292	-30,985	-30,985
10	Szélteher [Szél] Y-.P.P	-22,081	-22,081	-22,343	-22,343	-22,872	-22,872	-23,282	-23,282	-23,860	-23,860
11	Szélteher [Szél] Y-.P.S	-52,848	-52,848	-53,119	-53,119	-54,400	-54,400	-55,244	-55,244	-56,122	-56,122
12	Hóteher UD	34,492	34,492	34,494	34,494	34,519	34,519	34,758	34,758	34,930	34,930
13	Hóteher DX+	33,702	33,702	33,753	33,753	33,771	33,771	53,766	53,801	53,801	54,313
14	Hóteher DX-	33,918	33,918	34,139	34,139	34,281	34,281	52,878	53,240	53,240	53,564
15	Hóteher DY+	37,367	37,367	37,992	37,992	38,253	38,253	38,720	38,720	39,141	39,141
16	Hóteher DY-	36,402	36,402	36,663	36,663	37,075	37,075	37,497	37,497	37,710	37,710
17	Hóteher DX+Y+	34,492	34,492	34,494	34,494	34,519	34,519	34,758	34,758	34,930	34,930
18	Hóteher DX+Y-	34,492	34,492	34,494	34,494	34,519	34,519	34,758	34,758	34,930	34,930
19	Hóteher DX-Y+	34,492	34,492	34,494	34,494	34,519	34,519	34,758	34,758	34,930	34,930
20	Hóteher DX-Y-	34,492	34,492	34,494	34,494	34,519	34,519	34,758	34,758	34,930	34,930
21	Hóteher UD_EX	17,246	17,246	17,247	17,247	17,259	17,259	17,379	17,379	17,465	17,465
22	Hóteher DX+EX	16,851	16,851	16,877	16,877	16,886	16,886	26,883	26,900	26,900	27,156
23	Hóteher DX-EX	16,959	16,959	17,069	17,069	17,141	17,141	26,439	26,620	26,620	26,782
24	Hóteher DY+EX	18,683	18,683	18,996	18,996	19,127	19,127	19,360	19,360	19,570	19,570
25	Hóteher DY-EX	18,201	18,201	18,332	18,332	18,538	18,538	18,748	18,748	18,855	18,855

	Eset	α_{cr1}	α_{cr2}	α_{cr3}	α_{cr4}	α_{cr5}	α_{cr6}	α_{cr7}	α_{cr8}	α_{cr9}	α_{cr10}
26	Hóteher DX+Y+EX	17,246	17,246	17,247	17,247	17,259	17,259	17,379	17,379	17,465	17,465
27	Hóteher DX+Y-EX	17,246	17,246	17,247	17,247	17,259	17,259	17,379	17,379	17,465	17,465
28	Hóteher DX-Y+EX	17,246	17,246	17,247	17,247	17,259	17,259	17,379	17,379	17,465	17,465
29	Hóteher DX-Y-EX	17,246	17,246	17,247	17,247	17,259	17,259	17,379	17,379	17,465	17,465

	Eset	α_{cr11}	α_{cr12}
1	Önsúly	68,552	70,910
2	Rétegrend	34,414	34,414
3	Szélteher [Szél] X+.P.O	-30,846	31,795
4	Szélteher [Szél] X+.P.P	-30,690	-31,112
5	Szélteher [Szél] X+.P.S	-24,234	-24,827
6	Szélteher [Szél] X-.P.O	-31,481	31,602
7	Szélteher [Szél] X-.P.P	31,122	-31,179
8	Szélteher [Szél] X-.P.S	-24,343	-25,118
9	Szélteher [Szél] Y-.P.O	-31,790	-31,790
10	Szélteher [Szél] Y-.P.P	-24,469	-24,469
11	Szélteher [Szél] Y-.P.S	56,858	-57,489
12	Hóteher UD	35,059	35,059
13	Hóteher DX+	54,313	54,830
14	Hóteher DX-	53,564	53,875
15	Hóteher DY+	39,445	39,445
16	Hóteher DY-	38,313	38,313
17	Hóteher DX+Y+	35,059	35,059
18	Hóteher DX+Y-	35,059	35,059
19	Hóteher DX-Y+	35,059	35,059
20	Hóteher DX-Y-	35,059	35,059
21	Hóteher UD_EX	17,530	17,530
22	Hóteher DX+EX	27,156	27,415

	Eset	α_{cr11}	α_{cr12}
23	Hóteher DX-EX	26,782	26,938
24	Hóteher DY+EX	19,722	19,722
25	Hóteher DY-EX	19,157	19,157
26	Hóteher DX+Y+EX	17,530	17,530
27	Hóteher DX+Y-EX	17,530	17,530
28	Hóteher DX-Y+EX	17,530	17,530
29	Hóteher DX-Y-EX	17,530	17,530

Felhasznált Irodalom

Fátrai György, **Történeti tetőszerkezetek**, 2008.TERC Kft.

Kiss Mária Hortensia, 2008. **Kiszombor Története I.-II.**, Innovariant Nyomdaipari Kft., Szeged

Armuth Miklós, Bodnár Miklós, **Faszerkezetek tervezése Eurocode 5 alapján** 2018. Artifex Kiadó Kft. Dr.

Visnoci György (szerk.) Erdélyi Tamás - Dr. Kollár László - **Terhek és hatások. A tartószerkezeti tervezés alapjai, Tervezés az Eurocode előírásai alapján**, 2022 Artifex Kiadó