



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr. Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST
Építőmérnöki Intézet
Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.
Tel.: +36-1-252-1270
e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS 2016

Vetier Bálint

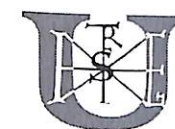
Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe:	Feszített ponyvaszerkezetek
Belső konzulens:	Horváth Katalin mérnökstanár
Külső konzulens:	-

A szakdolgozat beadási határideje: 2016. január 11. (hétfő) 12⁰⁰

Budapest, 2016. január 5.

Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr. Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

Építőmérnöki Intézet

Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.

Tel.: +36-1-252-1270

e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

Részletes feladatkiírás

Vetier Bálint

Nappali Építőmérnök
hallgató részére

Feszített ponyvaszerkezetek
című szakdolgozatához

Feladat leírása

Tanulmány készítése a feszített ponyvaszerkezetekről.

A tanulmány tartalmazza:

- ponyvaszerkezetek általános ismertetését,
- hazai és nemzetközi példákat,
- ponyva kialakítását,
- szerkezeti kialakításokat,
- ponyvaszerkezetek tervezését.

Megtervezendő egy körszimmetrikus acélszerkezetű épület ponyvafedéssel.

Az épület átmérője 16,00 m, az oldalak száma 12, az oldalak hossza 4,10 m, a tetőponti gyűrű átmérője 1,00 m.

Az épület teljes magassága 10,00 m, a vállmagasság 6,00 m, a tető vállponti hajlásszöge $\alpha=24^\circ$, a tető tetőponti hajlásszöge $\beta=59^\circ$.

A terheket a vonatkozó szabványok, előírások, irányelvek és szakirodalom alapján kell felvenni.

Budapest, 2016. január 5.

Horváth Katalin
Horváth Katalin
belső konzulens

SZAKDOLGOZAT

Konzulens:

Horváth Katalin
Dr. Hegyi Dezső

Vetier Bálint

2016

Szakdolgozat tartalom

Tanulmány: Feszített Ponyvaszerkezetek

Statikai számítás: feszített ponyvaszerkezet tervezése

Tervek:

Alapozási terv-D-02-A

Elemtervek D-04-E

Gyártmány D-05-G

Kitűzési helyszínrajz D-07-H

Összeállítás D-03-E

Ponyva leszabás D-06-P

Vázlatterv D-01-V

FESZÍTETT PONYVASZERKEZETEK

TANULMÁNY

KÉSZÍTETTE: VETIER BÁLINT

Tartalom

Előszó.....	3
Témaválasztás indoklása.....	3
Bevezetés	4
Ponyvaszerkezetek evolúciója	5
Nemzetközi és hazai példák.....	7
Nemzetközi példák:.....	7
Hazai példák.....	10
Ponyva kialakítása	12
Textilbetét	12
Bevonat	14
Bevonatok anyag jellemzőinek összehasonlítása	14
Filmréteg és környezeti ellenállás.....	15
Használatos ponyvaösszetételek	15
Tűzvédelem.....	15
Fejlődés.....	16
Ponyvaszerkezetek korlátai.....	16
Hőszigetelés	16
Elszíneződés.....	17
Várható élettartam.....	17
Sérülékenység és vandalizmus.....	17
Szerkezeti kialakítások	18
Acélívekkel vonal mentén megtámasztott szerkezet.....	18
Kábelrel feszített szerkezet.....	18
Pontonként alátámasztott árbocos szerkezet	19

Csomóponti kialakítások.....	21
Ponyva kapcsolatai	21
Hegesztés.....	21
Ragasztás	21
Varrás	22
Helyszíni mechanikus kapcsolatok.....	22
Feszítőszervezetek kapcsolatai.....	23
Fentartható fejlődés.....	25
Megvalósulás fázisai.....	25
Tervezés	25
Gyártás	26
Sátor szerelése	27
Források	28



"Hatalmas sátoztető feszült a római Fórum fölött, amely figyelemre méltóbbnak tűnt a gladiátorok küzdelménél is" Plinius.

Előszó

Századunk nagy problémája a bolygónk energiaforrásainak túlzott kihasználása, és az ennek következtében tetten érhető a globális klímaváltozás. A globális felmelegedés, energia ipari átalakulások, bolygónk túlnépesedése és a technika fejlődése az építőmérnökök elé igen sok problémát kérdést és lehetőséget gördítenek majd. A globalizált világ igényei, az emberek szemlélete egy újfajta mérnöki megközelítést kíván meg. Ahhoz hogy a bolygónk élhető maradjon néhány emberöltő múlva az ökológiai lábnyomunkat drasztikusan kell csökkenteni, ehhez pedig újfajta mérnöki megközelítések is szükségesek lesznek.

Témaválasztás indoklása

Klasszikus építőmérnökök közül kevesen foglalkoznak a ponyvaszerkezetekkel. Különleges kihívást jelenthet még a nagy gyakorlattal rendelkező statikusoknak is a ponyvaszerkezet tervezése. Szakdolgozatom témaválasztásakor azt a cél tűztem ki magam elé, hogy megismerkedjek a feszített ponyvaszerkezetek világával. A ponyvaszerkezetek több szempontból is szolgálhatnak gazdaságos, jó, esztétikus mérnöki megoldásként. Az elmúlt évtizedek során nagy fejlődésen mentek keresztül és az igények növekedésével várható a további fejlődésük.

Az Európai Unió irányelveknek megfelelően 2020-tól csak kis energiafelhasználású, úgynevezett passzív házat lehet építeni. A mozgatható feszített ponyvaszerkezetek még gyerekcipőben járnak napjainkban, ám az épületek téli-nyári optimális árnyékolástechnikájára is megoldást adhatnak.

A könnyen építhető, bontható és szállítható ponyvaszerkezetek a kulturális rendezvények, mezőgazdaság, raktározás igényeit ki tudják elégíteni.

Bevezetés

A feszített ponyvaszerkezet tervezését jól jellemzi, hogy a ponyva terheletlen elméleti alakját is csak számítással lehet meghatározni. A hagyományos építőanyaghoz képest alakjuk jóval kötöttebb, a feszítés hatására hiperbolikus görbült felületek képződnek (HINCZ KRISZTIÁN 2003).

A ponyvák legjellemzőbb tulajdonsága, hogy elsősorban húzóerőt képesek csak felvenni. Rokonuk a ponyvaszerkezeteknek kötél szerkezetek az által, hogy csak húzóerő tud ébredni mindkét szerkezetfajtaiban. De az anyagi tulajdonságokból és a vonalszerű illetve felületszerű szerkezetek közötti különbségből adódóan mégis másfajta szerkezetek építhetők belőlük. (Dr. HEGYI DEZSŐ 2012)

A feszített ponyvaszerkezetek elterjedésének legfőbb oka a különleges építészeti hatás, esztétikus, könnyed megjelenés. Kedvező tulajdonságaik miatt előszeretettel alkalmazzák sport, kulturális, szabadtéri fesztiválok, mezőgazdasági létesítmények fedésére, az arab országokban több repülőtér forgalmicsarnoka is készült ponyvafedéssel. (Dr. HEGYI DEZSŐ 2012)

Azt hogy a ponyvaanyagban húzóerő ébredjen, és ne ráncosodjon külsőleg bevitt erőhatással érhetjük el. Erre több megoldás is létezik:

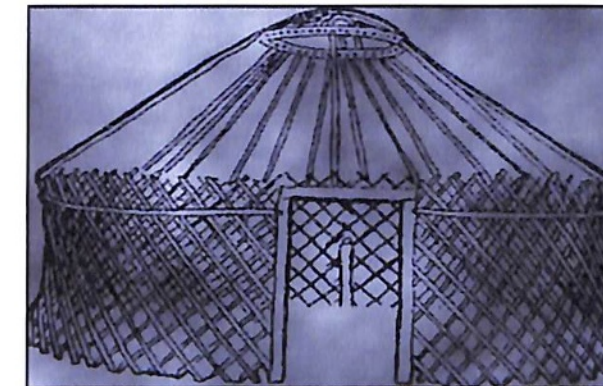
- 1) A denevérszárnyhoz vagy esernyőkhöz foghatóan megfeszített ponyva esetében a ponyvában ébredő húzóerőt a szerkezetbe bevitt feszültséggel érjük el.
- 2) Másik fajta ponyvaszerkezet az úgynevezett légnyomásos (pneumatikus) levegővel felfújott szerkezetek. A húzóerő úgy jön létre, hogy a ponyva által bezárt térbe túlnyomást hozunk létre a gumimatrachoz hasonlóan.
- 3) Tartályok esetében lehetőség van, hogy maga a töltőanyag hozza létre a húzóerőt a jellegzetesen kerti medencéhez hasonlóan.

A felsorolt szerkezeteknek több változata és altípusa létezik. Továbbiakban az első csoporttal fogok foglalkozni.

(Dr. KOLLÁR LAJOS 1987)

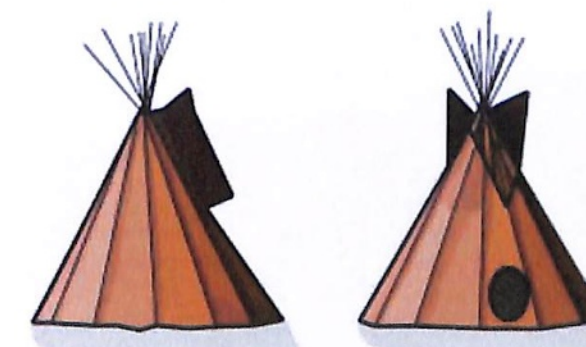
Ponyvaszerkezetek evolúciója

A fennmaradt ábrázolások szerint már az ősember épített összekötözött faágakra feszített állati bőrből sátrakat. A vándorló nomád népek könnyűszerkezetes sátorokban éltek, ősi magyar példa erre a jurta. A jurta könnyen szállítható, szerelhető faszerkezetű nemezzel és bőrrrel készült álkupolás sátor. (1. ábra). Ázsia nem globalizált részein a mai napig élnek jurta sátorban.



1. ábra Népi jurta (Nyers Csaba)

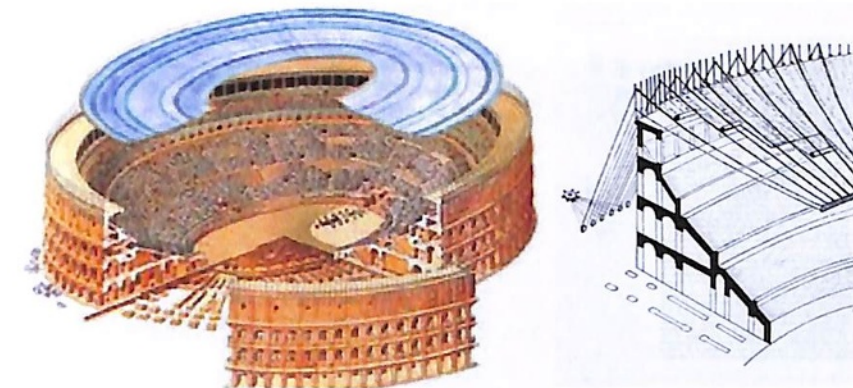
A sarkvidéken az eszkimók nem csak iglu kunyhókban éltek, hanem a nyári hónapokban az indiánokéhoz hasonló koronavázas sátraikban. Az építményen felül közepén hagytak füstkivezető nyílást, az oldalakra szerelt állati bőrt kövekkel súlyozták le. (2. ábra)



2. ábra Koronavázat eszkimósátor (uoregon)

Az ókori görögök építészetében is megjelentek a ponyvaszerű szerkezetek árnyékolás céljából. Az első igazi mérnöki ponyvafedéseket a romaiak adták az emberiségnek. Az

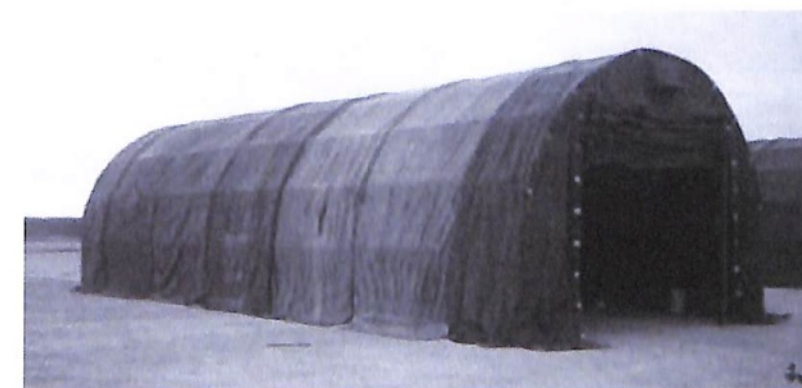
amfiteátrumok nézőterének árnyékolása fa tartószerkezetű feszített ponyvával készült. (3. ábra-késsel a ponyva)



3. ábra A római colosseum ponyvafedés (Pinterest)

A középkorban nem épültek mérnöki szempontból jelentősebb ponyvaszerkezetek. A változást a vándorcirkuszok hozták meg, akiknek olyan építményre volt szükségük, amivel nagy területet fedhetnek le és mégis mobilis a szerkezet. A XVIII.-XIX. században ponyvakészítés kézműves mesterség volt és tapasztalati úton készítették a szabásterveket, csomópontokat, megtámasztásokat.

A katonai sátrak esetében az állandó helyváltoztatás miatt volt szempont, hogy minél kevesebb elemből álljon az építmény, ennek következtében kialakult, hogy elkezdték a vázat hátra feszíteni. (4. ábra)



4. ábra Vázaz katonai sátor

A mai értelemben vett első mérnöki ponyvaszerkezetek az 1950-es években épültek. Úttörő építész a német származású Frei Otto (1925-2015) volt, aki az 1972-es müncheni olimpiai stadion fedésével lett világhírű. (5. ábra)



5. ábra München olimpiai stadion

Hazánkban Majoros Gábor építésmérnök építette az első sátor szerkezeteket. Elméleti és gyakorlati mérnöki tevékenységben Pelikán József és Kollár Lajos volt az elsők között élenjáró.

Nemzetközi és hazai példák

Elmúlt évtizedek építészetileg kiemelkedő ponyvaszerkezeteinek sora igen hosszú.

Nemzetközi példák:

- **Denveri nemzetközi repülőtér:** világ tizedik legforgalmasabb repülőtere, 35 000m² (ábra6.)
Épült: 2003-2007
Építész: Fentress Architects
Statikus tervező: Arup Group



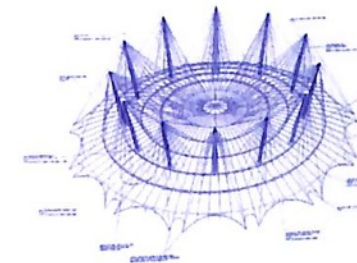
6. ábra [wikipedia]

- O2 Aréna, London: 12 árbócos modern szerkezete (7. ábra)

Épült: 2003-2007

Építész: HOK Sport

Statikus tervező: Buru Happold



7. ábra [wikipedia]

- Sony Center Berlin: Több épület által határolt udvar fedése 103m átmérőjű szerkezettel (8. ábra)

Épült: 1996-2000

Építész: Helmut Jahn

Statikus tervező: Ove Arup & Partners



8. ábra [wikipedia]

- Khan Shatyr, Kazahsztán: a világ legmagasabb kombinált kötél-ponyvaszerkezete
150m magas (9. ábra)

Épült: 2010

Építész: Foster and Partners

Statikus tervező: Buro Happold

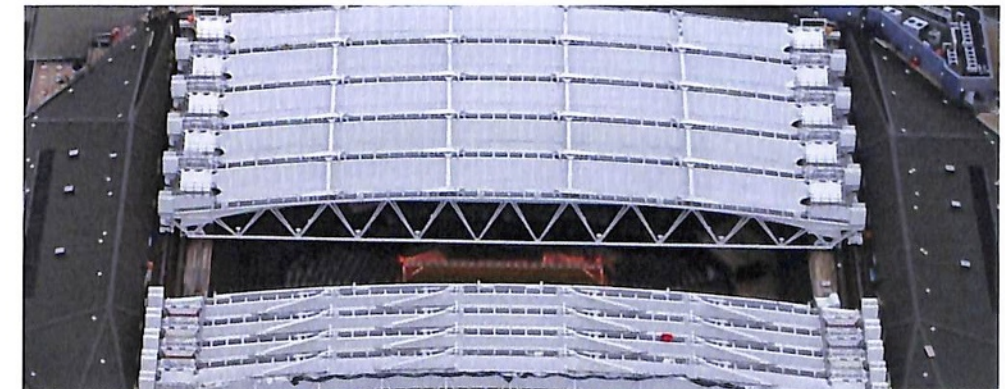


9. ábra [epiteszforum.hu]

- Centre Court, London: sportlétesítmény elhúzható tetővel

Épült: 2009

Építész: Populous



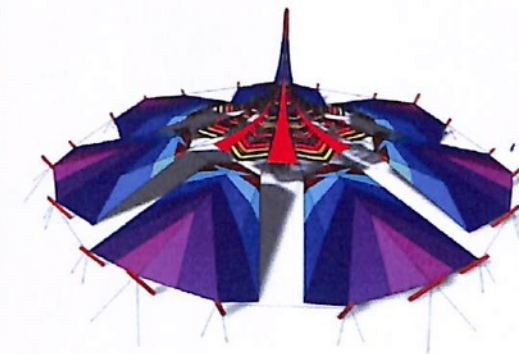
10. ábra [interpon]

- Boom fesztivál, Portugália: elektronikai zenei fesztivál impozáns díszlete (11. ábra)

Épült: 2012

Építész: Damien Aranda

Statikus tervező: Vitamotus Studio, Kyle Morris



11. ábra [pinterest]

Hazai példák

Hazánkban is található több kisebb-nagyobb ponyvaszerkezet.

-Budapest margitszigeti színpad fedése (12. ábra):



12. ábra [budapest.varosom.hu]

-Pannon Park bio dóm: tervezés alatt álló ETFE fóliával fedett épület (13. ábra)

Épül: 2016

Építész: Mérték- Dr. Paulinyi Gergely

Statikus tervező: MTM- Markovits Péter, CEOS-Pohl Ákos



13. ábra [<http://mertek.hu>]

-Petőfi Csarnok szabadtéri színpad

Épült: 1985

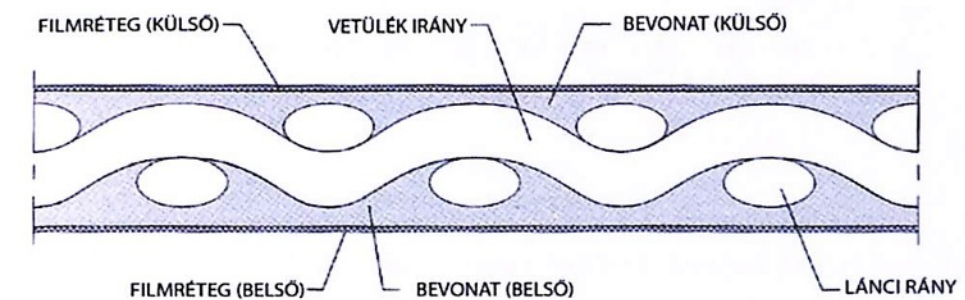
Építész: Majoros Gábor



14. ábra Petőfi csarnok szabadtéri színpad (<http://kultography.blog.hu/>)

Ponyva kialakítása

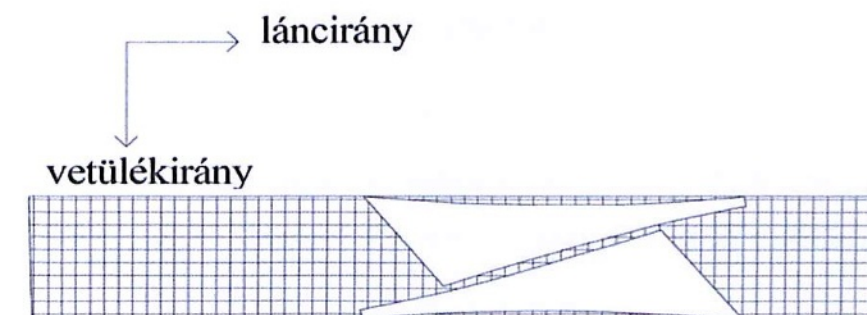
A ponyvaanyagok kettő vagy három összetevőből állnak. A textilbetét szilárdságát ad és a mechanikai teherhordásért felelős, a textilbetétre felhordott műanyag külső a behatásoktól biztosít védelmet, és felületet alkot. Tartósság növelése céljából védő filmréteget vagy lakkréteget képeznek egyes ponyvafajtákon, e réteg segítségével az anyag megjelenése is egyedivé tehető. (MICHAEL SEIDEL 2009)(15. ábra)



15. ábra

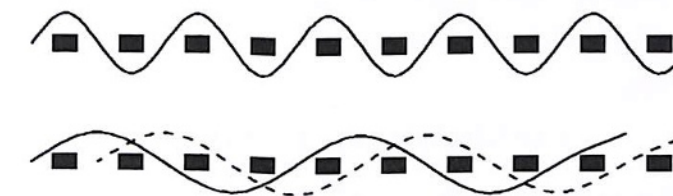
Textilbetét

A textilbetét műszaki textil, amely szövési technológiával készül. A textilbetétnek kis alakváltozás mellett kell nagy szilárdságot biztosítani. A szövet két egymásra merőleges (lánc és vetülék) szál összeszövéséből jönnek létre. A szálak sokszáz elemi szálból (filamensek) tevődnek össze. Beépítéskor láncirányban van az elsődleges feszítése erő, vetület irányban pedig a másodlagos (16. ábra).



16. ábra (HINCZ KRISZTIÁN 2003)

A szövés technológiájára kettő féle eljárás terjed el: a láncszövés illetve a panamaszövés. Láncszövés készítésekor a megfeszített lánc irányú szálak közé felváltva fűzik a vetülék irányt. Ha a vetülék szálát csak minden második lánc irányú szálon fűzik át, akkor panamaszövéssel dolgoznak (17. ábra)



17. ábra
Fent láncszövés, lent panama szövés

Panamaszövésnek kedvező tulajdonsága, hogy vetülék irányú szálakban kevesebb törés van, így terhelés esetén kevesebbet kell kiegyenesedniük ez által kisebb a megnyúlásuk. Feszített ponyvaszerkezethez ma már szinte csak panamaszövésű ponyvát alkalmaznak a kedvezőbb tulajdonságai miatt.

FERRARI cég által szabadalmaztatott preconstraint szövet a hengerlés alatt két irányba feszítve van, így még kedvezőbb mechanikai tulajdonságú ponyvát tudnak előállítani (18. ábra)



18. ábra

Napjainkban alkalmazott textilbetétek anyaga jellemzően PES (poliészter) és PTFE (politetrafluorethilén), de használnak PA (poliamiid), PP (polipropilén) és üvegszövetet is.

Bevonat

A szövetre bevonat kerül, amely több funkciós szerepet tölt be a textilbet védelmében: az UV sugárzás, a hő, a légköri jelenségek (csapadék, por, vegyi anyagok) kedvezőtlen hatásaitól megóvják a ponyvát. A szövet mindkét oldalán alkalmazzák a bevonatot, ám a külső oldalra sok esetben eltérő vastagságban, vagy más rétegrendben hordják fel. (Dr. KOLLÁR LAJOS 1987)

Bevonatok anyag jellemzőinek összehasonlítása

Az alábbi összehasonlítás elkészítéséhez forrásanyagként Hegyi Dezső-Phd disszertációja és Kollár Lajos Ponyvaszerkezetek c könyve szolgált.

PVC

Lágyított PVC (polivinilklorid) jellemzői:

- Viszonylag alacsony az ára.
- Lágú az anyaga: könnyen megmunkálható, könnyen feszíthető.
- 600C° körül hegeszthető hőlégfúvóval, vagy hegesztőgéppel.
- UV sugárzásra érzékeny: lakkréteg alkalmazása szükséges.
- Bármilyen színben konfekcionálható.
- Könnyen megtapad rajta a kosz.
- Aránylag rövid az élettartama (5-15 év).

PTFE

A poli(tetrafluoroetilén) más névvel teflonbevonat jellemzői:

- Viszonylag magas az ára.
- Jól ellenáll a külső hatásoknak, nem érzékeny az UV sugárzásra.
- Nem koszolódik, illetve az eső lemossa a koszt róla
- Hagyományos építőanyagokhoz fogható élettartam (30-40 év).
- Nehezen szerelhető a felület csúszóssága miatt.
- Csak fehér színben gyártható
- Nagy szilárdsága miatt nagy terek lefedésére alkalmas.
- 1000 °C felett hegeszthető, csiszolás után kellősítő fólia alkalmazásával.

ETFE

Az ETFE (Ethylene tetrafluoroethylene) átlátszó hártya jellemzői

- Anyaga 60-69% áttetsző.
- Nem tartalmaz szövet erősítést.
- Kisebb szilárdsága miatt csak kisebb szerkezet építésére alkalmas, vagy sűrűbb szerkezeti kialakítást igényel.

Filmréteg és környezeti ellenállás

A környezeti hatások közül az ibolyán túli sugárzás károsítja a PVC-vel készült ponyvákat a legnagyobb mértékben, de további öregbítő tényezők: a csapadék, por, hőmérsékletingadozás, CO₂, egyéb légköri gázok. Továbbá jelentősen csökkenhet a ponyva élettartama a gyakori vízsugaras mosás következtében. Az UV sugárzás elleni védelmet a gyártás során a PVC-hez adagolt UV stabilizátorral lehet elérni. A PVC felületére felhordott PVDF (Polyvinylidene Fluorid) filmréteg nem csak a sugárzás elleni védelemben játszik szerepet, hanem a színtartósságot és a kopásállóságot növeli, továbbá csökkenti az elpiszkolódási hajlamot. (HINCZ KRISZTIÁN 2003)

Használatos ponyvaösszetételek

A legelterjedtebb kombinációk: poliészter szövet PVC-vel bevonva, poliészter szövet PVC-vel bevonva teflonnal lakkozva és üvegszál szövet teflonnal bevonva. A sorból kicsit kilóg az átlátszó ETFE membrán (speciális teflon), amihez nem használnak szövetanyagot. Lehetőség van PVC-ből is készíteni áttetsző verziót. (Dr. HEGYI DEZSŐ 2012)

Tűzvédelem

Alapkövetelmény, hogy tűz hatására ne csöpögjön a ponyvaanyag, ezt a feltételt a PES textilbetétek teljesítik, az üvegszál textiltetők politetrafluorethilén (PTFE) bevonattal gyakorlatilag éghetetlennek tekinthetők, tehát szigorúbb előírásoknak is megfelelnek. (HINCZ KRISZTIÁN 2003). A PVC bevonatos ponyvák égéskésleltetővel önmaguk tulajdonságúak tudnak lenni.

A füstképződéssel szemben kedvező tulajdonságúak az úgynevezett termoplasztikus ponyvák, amelyek hamar átlukadnak tűzhatására így a füst távozni tud. (Dr. KOLLÁR LAJOS 1987)

Fejlődés

Ponyvaanyagok az elmúlt évtizedekben nagy fejlődésen mentek át és várható további fejlődésük. Az anyagok élettartama növekszik, a gyártók egyre kedvezőbb tulajdonságú ponyvákat készítenek, így tervezők előtt egyre tágabb világ nyílik ponyvaszerkezetek készítésekor. Fontos megjegyezni, hogy az optimális ponyva kiválasztása kulcsfontosságú minden szerkezet esetében. A gyártók palettáján sok különböző tulajdonságot kell szem előtt tartani anyagválasztáskor: fényáteresztés, hőszigetelés, hangvisszaverés vagy elnyelés. (HINCZ KRISZTIÁN 2003)

Ponyvaszerkezetek korlátai

Ponyvaszerkezetek hátrányos tulajdonságai közül a hőszigetelő képesség hiányát emelném ki. Az egyrétegű vékony ponyva csekély hőszigetelő képességgel bír. Továbbá meg kell említeni a sérülékenységet, öregedést és elszíneződést.

Hőszigetelés

A ponyvaanyag hasonlóan az egyrétegű üveghez rossz hőszigetelő tulajdonságokkal bír. A hőszigetelőképeség hiányát két vagy többrétegű ponyva alkalmazásával lehet kiküszöbölni. Ez a kialakítás kedvez a belső felületen kialakult kondenzvíz kérdésének kezelésében is. Sok esetben a leggazdaságosabb megoldásként azonban a nanotechnológia egyik vívmánya az aerogél paplan, alkalmazható a ponyvára kasírozva.

Zárt térben a tűző napon a hőmérséklet szignifikánsan megnőhet és elviselhetetlenné teheti a belső klímát. Tervezési szempont kell legyen a ventilláció biztosítása, illetve ha a körülmények adottak kívülről vízpermettel lehet hűteni a ponyvát. (Prof. RAMON SASTRE 2015)

Elszíneződés

A legkorszerűbb színes ponyvák is veszítenek a színükből az UV sugárzás hatására. A PTFE ponyvákat gyártás után enyhe világosbarna szín figyelhető meg ami napsugárzás hatására kifehéredik és utána nem változik. (Dr. KOLLÁR LAJOS 1987)

Várható élettartam

A PVC ponyvák várható élettartama 10-15 év. A PTFE ponyvák várható élettartama 30-40 év. „Az első ponyvaszerkezetet PTFE bevonatú üvegszálal ponyvából a Birdair cég építette 1973-ban a kaliforniai University of La Verne részére. Az egyetem vezetői azért döntöttek az új anyagból épített szerkezet mellett, amelyet 10 évre terveztek, mert nem állt rendelkezésükre a diákközpont építéséhez hagyományos építőanyagok mellett szükséges összeg. A ma is eredeti formájában álló szerkezet 1993-as vizsgálatáról szóló jelentés szerint a ponyvaanyag 20 év alatt szilárdságának láncirányban kevesebb, mint 20 %-át, vetülékirányban kb. 30 %-át veszítette el. Ugyanakkor a ponyva színe, fényáteresztő, víztaszító és öntisztító képessége nem változott. Általában a ponyvaanyag tulajdonságai lényegesen kevésbé romlottak, mint ahogy a gyártók 1973-ban prognosztizálták. 1973 óta sokat fejlődött a vegyipar és a ponyvaanyaggyártás, így a ma gyártott PTFE bevonatú üvegszálal ponyvától jogosan várhatunk 30 évnél hosszabb élettartamot.” (HINCZ KRISZTIÁN 2003, 18)

Sérülékenység és vandalizmus

Bizonyos régiókban és szerkezetek esetében fontos tervezés szempont kell, legyen a vandalizmus ellenállóság. A ponyvák nyírási ellenállás kb. 1 százada a szálirányokhoz tartozó húzási merevségnek, ebből fakadóan szűrő vágó igénybevétellel szemben rosszul teljesítenek.

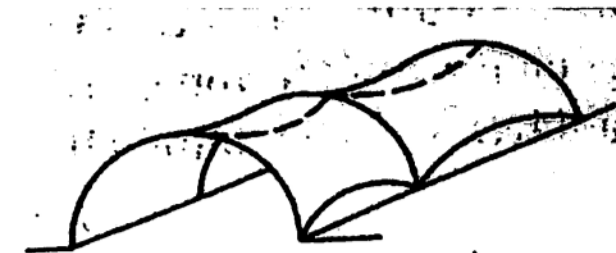
Firka és graffiti a PTFE bevonatú ponyvák felületéről maradéktalanul eltávolítható. A ponyvaanyag sérülés esetén, helyileg viszonylag könnyen javítható. (LSA 2014)

Szerkezeti kialakítások

Ahhoz, hogy ponyva ne ráncosodjon, minden pontjában húzóerőnek kell ébrednie. Ez csak hiperbolikusan görbült ponyvával érhető el. A sátorszerkezet térbeli felületszerkezetként viseli a terheket. A sátor anyagának korlátozott szilárdsága és vastagsága, valamint a nagy rugalmas alakváltozások miatt nem növelhetjük tetszés szerint a teherhordó ponyva méreteit. A sátrat a ponyvánál nagyobb teherbírású és nagyobb merevségű tartószerkezetekkel meg kell osztani, ill. biztosítani kell a velük a sátorhéjazartól jövő folytonosan megoszló erők koncentrációját és felvételét. (Dr. KOLLÁR LAJOS 1987)

Acélívekkel vonal mentén megtámasztott szerkezet

Kedvező a ponyvákat ívtartókkal alátámasztani, mert a ponyva eleve egy görbült felületet alkot, és ez által jól illeszkedik az ívekhez. Az ívtartó kedvező tulajdonsága, hogy a terheket rövid úton vezeti le az alaptestekhez. Az ívtartó háromcsuklós, kétcsuklós vagy befogott lehet.



19. ábra

Kábelvel feszített szerkezet

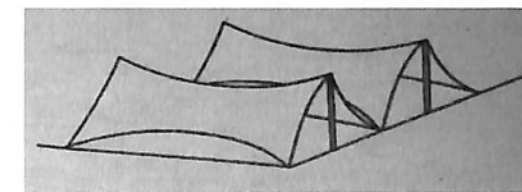
A kötél a kedvező teherbírási tulajdonsága miatt elengedhetetlen része a ponyvaszerkezeteknek. A kötél lehet kötélfőtartó, vagy peremkötél. A kötél nem rendelkezik hajlítási merevséggel, így a különböző terhelések hatására alakját nagymértékben változtatja. Ennek hatásnak a csökkentésére több megoldás is létezik: ellenkező görbületű tartók alkalmazása illetve lefeszítő kötelek beépítése.

A kötélrács megfeszítésével el lehet érni, hogy semmilyen terhelés mellett ne ébredhessen egyik kötélen sem nyomóerő ez által elkerülhető a ponyva ráncosodása.

A kötelekkel feszített szerkezet előny a csekély anyagfelhasználás mellett elérhető nagy fesztávolság

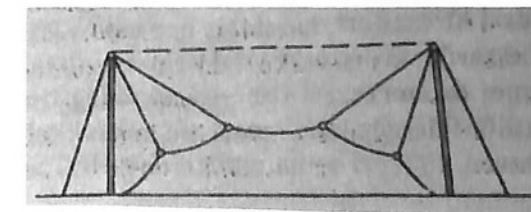
Hátrányként meg kell említeni, hogy a kötelekkel/kábelekkel feszített szerkezetek magas pontja lényeges a szerkezet fölé emelkedhetnek és az épület funkciójával nem képez összhangot. Továbbá a tartó árbocokat hátra kell horgonyozni, így alaprajzilag is nagyobb területet foglalnak el. Ezekben a horgonyzásokban nagy húzóerők ébredhetnek, amely felvételére speciális alapozást kell építeni.

Továbbá a feszítéshez szükséges szerelvények nagy pontosságot igényelnek a gyártótól és a kivitelezőtől az építés során.



20. ábra

Külső oszlopokhoz pontonként függesztett szerkezet



21. ábra

Pontonként alátámasztott árbocos szerkezet

A sáterszerkezetek egyik jellegzetes szerkezeti elemét az árbocok képezik. Az árbocok jellemzően kétsuklós ingaoszlopok. Az árbocok esetében a nehézséget az adhatja, hogy a koncentrált tartószerkezet alátámasztó erejét szét kell osztani a ponyván. Erre a célra szolgálnak a fűzőszerű kötéلكiváltások (belső peremkötelek) valamint a merev csőgyűrűk illetve a tárcsaszerűen alátámasztó elemek. Az árboc fejhez sokszor nem csak



22. ábra Pontonként megtámasztott szerkezet

a ponyva csatlakozik, hanem feszítőkötelek és peremkötelek is. A kötelek kapcsolására csomólemezek, csapok, feszítőcsavarok, szegecses stb. alkalmazható. Az árboctalp jellemzően gömbcsuklós kialakítással készül, hogy biztosítsa a minden irányban szabad elfordulást. (Dr. KOLLÁR LAJOS 1987)

supported at points	High point structures			
	Ridge and valley structures			
	Awnings			
supported along lines	Arch structures			

23. ábra Jellemző szerkezeti kialakítások (MICHAEL SEIDEL 2009)

Csomóponti kialakítások

Ponyva kapcsolatai

A ponyvaanyagokat jellemzően másfél-kétnézet széles sávban gyártják, így ahhoz hogy ebből épület méretű sátorhéjazat készülhessen a ponyvasávokat össze kell kapcsolni egymással.

A sáterszerkezet tervezése során szem előtt kell tartani azt a szempontot, miszt a sátor felületszerkezet, amely csak akkor működik megfelelően, ha teljes felületével részt vesz a teherviselésben. Tehát a sátorra a terheket egyenletesen kell átadni, valamint a kapcsolatoknál a terheket folyamatosan kell eloszlatni.

Az üzembn készült kapcsolatok nagy pontossággal és jól elkészíthetők.

Hegesztés

A hegesztés a kapcsolatképzés legelterjedtebb és leghatékonyabb módja. A hegesztés során a hőre lágyuló műanyag részek olvadnak össze és homogén kötés jön létre. A ponyvákkal csak átlapolt hegesztés alakítható ki. A hegesztéseket úgy kell méretezni, hogy az alapanyagnál nagyobb szilárdságú legyen.

Üzemi körülmények között a nagyfrekvenciás (NF) berendezéseket használják, helyszíni kisebb munkák, javítások során fűtöttékes készülékek használhatóak.

Ragasztás

A teflonbevonatú ponyvák ragasztással illeszthetők össze, hiszen a teflon nem hegeszthető. Ragasztással készülnek a hegesztőberendezéssel már nem hozzáférhető csomópontok, zártóvarrat végek.

Azonban a ragasztást csak ritkább esetekben alkalmazzák, mert kényes az esetleg koszolódásra, ragasztófelhalmozódásra, nyitvatartási vagy préselési időre, préselési nyomásra, hőmérsékletre. Továbbá a ragasztók igen drágák és az emberre káros hatású oldószereket is tartalmazhatnak.

Varrás

A sátoresztés legnégyebb formája a varrás, amellyel a bevonat nélküli szövetek is illeszthetők egymáshoz. Előnyös tulajdonsága a varrásnak, hogy nem érzékeny a hőhatásokra, ezért a legkorszerűbb hegesztéseket is sokszor varrással biztosítják. A varrat hátránya, hogy többsoros varrással sem érhető el az alapanyaggal azonos szilárdság.

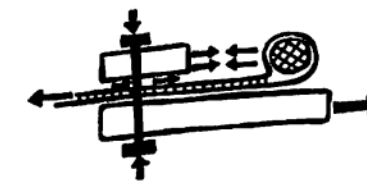
A kisebb szerkezetek gyártása során sokszor ma is alkalmazzák a varrást, mert a legegyszerűbb kapcsolási módozat, csak egy ipari varrógép szükséges hozzá.

A varrás legnagyobb hátránya hogy önmagában nem vízzáró.

Helyszíni mechanikus kapcsolatok

Szorítólapos kötés

A szorítólapos kötés leggyakrabban alkalmazott módozat, amellyel hajlékony kapcsolat alakítható ki. Lényege, hogy kapcsolódó ponyvaelemek szegélyébe köté van behegesztve. Ez által a szegély erősen kidomborodik különösen nagyobb átmérőjű köté esetén. A szegélyeket a szorítólap szélességének megfelelően egymásra fektetik és csavarok segítségével megfelelően rájuk szorítják. Az egymáshoz feszített szorítólapok között jelentős surlódó erő ébred, de a kapcsolat lényege a szorítólap szélének nekifeszülő kötéperem, amely nem tud a szorítólapok között kicsúszni. Fontos, hogy a szorítólapokat lekerekített élképzéssel és sarokkialakítással dolgozzák ki.



24. ábra

Zongorpánt

A zongorpánt kapcsolat esetében mindkét ponyvába 60-80mm széles bújtatót képeznek, amelyet 100-150mm-enként, egymással ellentétesen felvágna. Ezáltal az ajtózsánérhoz hasonló kapcsolat alakítható ki, amelybe lehet kötele, vagy akár merev csövet is fűzni. A kapcsolat hajlékony és megkettőzve a befűzést jó szilárdság érhető el vele.

Lyukszegélyes, fűzött kapcsolatok

A fémgyűrűs kapcsolat a hagyományos sátraknál kialakult jól bevált módszer. A lyukakba fűzött kötél feszítésével szabályozható a ponyva feszessége. A riglinek-fémgyűrűnek az a szerepe, hogy segítse a kötél csúszását a ponyván keresztül, valamint védi a ponyvát beszakadástól.

Ez a fajta kapcsolat a kevés elemet tartalmaz, méretbéli pontatlanságok kiegyenlítésére is alkalmas. Hátránya, hogy munkaigényes a kötelet a lyukakba befűzni, továbbá hogy az alapanyag szilárdságának csak 20%-a érhető el vele.

A riglis kapcsolattal csak akkor érhető el vízzáró kapcsolat, ha alkalmaznak külön takaróelemet, amely levédi a fűzést.

A riglis kapcsolat egyik változata az úgynevezett vámzárfül, amelyet leginkább gépkocsikon alkalmaznak.

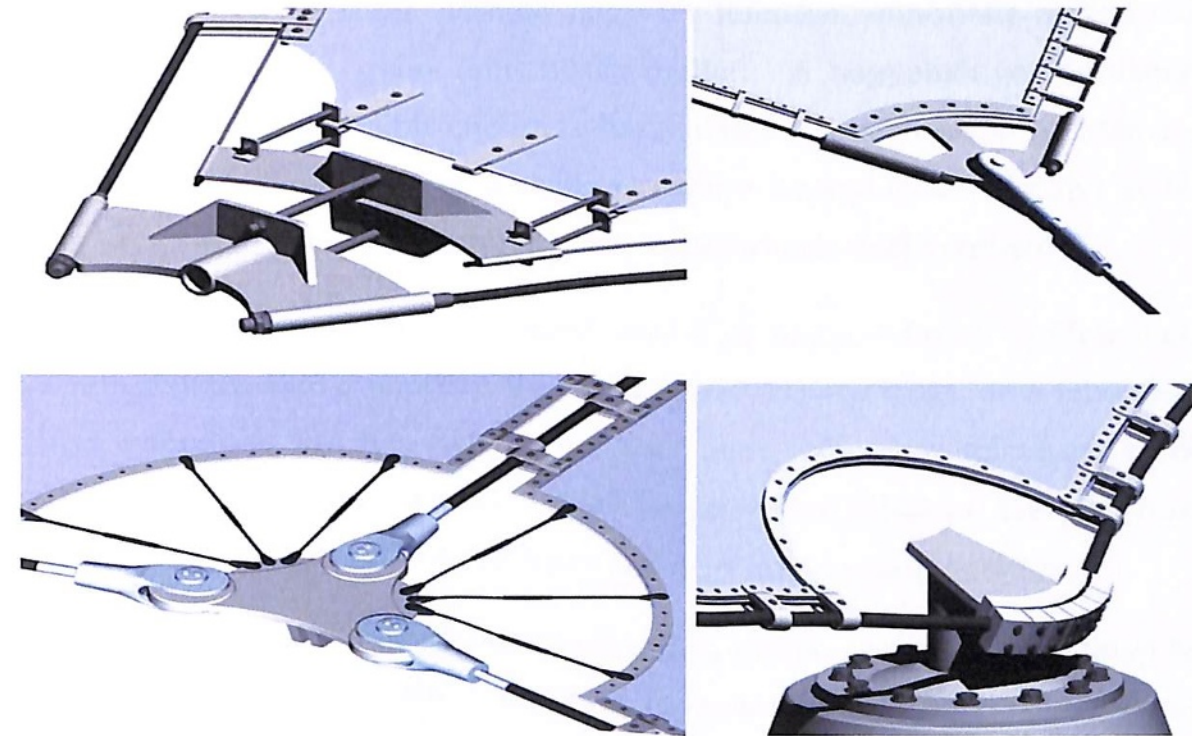
Feszítőszerkezetek kapcsolatai

A feszítőszerkezet elsődleges feladata a szerkezetet megfeszíteni, de másodlagos feladata lehet a gyártási és építési pontatlanságok kiegyenlítése. A ponyvaanyag időben lefolyó alakváltozását, nyúlását is a feszítőszerkezetekkel lehetséges korrigálni. Feszítőszerkezetektől néhány centiméteres változástól akár az egy méteres hosszváltozási képességet is meg lehet követelni. Feszítéshez a legáltalánosabb elem a csavar vagy a menetes szár: kicsi, megbízható minőségű, könnyű beszerezni, gazdaságos.

Feszítőelemekhez rozsdamentes acélt vagy horganyzott acél jöhet szóba. A korróziós veszteség nem engedhető meg, továbbá esztétikailag sem elfogadható egy rozsdától csöpögő acéllemez.

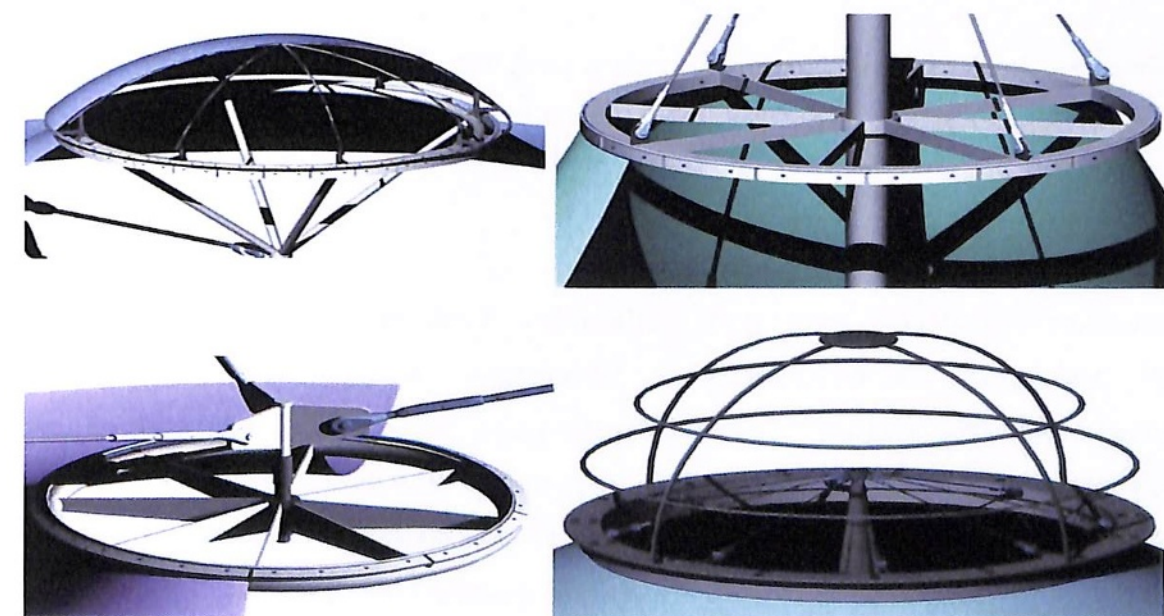
Ahol a ponyvaszerkezet megszakad és erőátadás történik az acéltartószerkezetnek ott jellemzően feszültségcsúcs alakul ki. Ezeken a pontokon a ponyvát meg kell erősíteni, a szerkezetet úgy kell kiképezni, hogy ne keletkezhessenek másodlagos igénybevételek.

Jellemző sarokcsomóponti kialakítás



25. ábra

Jellemző csúcssomóponti kialakítás verziók



26. ábra

Fentartható fejlődés

A feszítettponyvaszerkezettel elérhető nagy tér lefedése, minimális acéltartószerkezet felhasználása, könnyű és gyors építhetőség mellett. A hagyományos építőanyagokkal szemben lényegesen kevesebb energiafelhasználásra van szükség a gyártás folyamán. Minden eleme előre gyártható és a szállítás során viszonylag kevés súlyt és térfogatot foglalnak el, ez által a szállítás során a környezeti terhelés csökkenthető.

Üzemeltetése sok szempontból gazdaságosabb a hagyományos épületeknél. ETFE ponyva felhasználásával a napfény átérésztés közel 80%-os lehet, de a fehér ponyvák is sok fényt engednek át. Az élettartama alatt nem igényel a tisztáson kívül egyéb karbantartási munkákat. Télen a többrétegű fényáteresztő fóliákkal kedvező hőszigetelő tulajdonságot lehet elérni az üvegházhatás kedvező tulajdonságai mellett.

A bontásra ítélt acélszerkezet újrahasznosítható, a ponyva anyagot is fel lehet használni egyéb másodlagos szerkezethez, továbbá rendelkezésre áll több gyártósoron is az újrafeldolgozás technológiája.

(Prof. RAMON SASTRE 2015)

Megvalósulás fázisai

Alábbi séma alapján valósul meg egy feszített ponyvaszerkezet kezdeni tervektől a kész szerkezetig. Ehhez a fejezethez forrásanyagként szolgált: (BECCARELLI PAOLO 2015).

Tervezés

Több szakági tervező bevonásával valósulhat meg egy feszített ponyvaszerkezet. Jellemzően az építész vagy a megrendelő meghatározza az igényeket: befoglaló geometria meghatározás, funkció, megvalósíthatóság. Statikus tervező végrehajtja a statikai számítást. A hagyományos épületektől eltérően a szabványos szélteher felvétel, a feszítőerő megállapítása, a táskásodás kialakulásának meggátolása, a hőteher hatása, a leszábi tervek elkészítése okozhat nagyobb fejtörést.

Feszített ponyvaszerkezetek statikai számítása ma már kizárólag számítógép segítségével történhet. A legkorszerűbb kötélháló modellek, erőintenzitás módszer (FDM) membrán modelleket illetve a végeleemes számításokat szükséges elvégezni. A rendelkezésre álló kézi számítási módokkal legfeljebb közelítő ellenőrzések végezhetők.

Alakmeghatározásra és leszábsi terv készítésére léteznek specifikus szoftverek (Formfinder), de léteznek olyan programok is amelyek egyben elvégzik a számítást és az alakmeghatározást valamint a leszábsi terv készítést. (FORSTER és MOLLAERT 2004)

Gyártás

A korszerű számítógépvezérlésű technológiáknak köszönhetően napjainkban mind a leszábs mind a csomópontok kialakítása lényegesen egyszerűbb. Nem kell papírból 1:1 leszábs mintát készíteni, kézzel kimérni a méreteket. Vágógépek milliméter pontosan tudnak dolgozni, de gonddal kell lenni a ponyva gyűrődésmentes simítására. (MICHAEL SEIDEL 2009)

A leszábst követi a ponyvák összehegesztése, ragasztása, varrása vagy ezek kombinációja.



27. ábra hegesztés

Sátor szerelése

A nagy támaszközű szerkezetek felállítása bonyolult feladat. Azonban néhány nap alatt egy megfelelően képzett, felkészült kivitelező csapat ezer négyzetméternyi sátrat is képes felállítani.

Ezer négyzetméternyi ponyva tömege körülbelül 1-1,5 tonna, ez az a határ, amíg speciálisabb eszközök nélkül mozgatható, felállítható egy ponyvaszerkezet. Azonban a mozgatás jellemzően itt is autódarut igényen illetve tirfor racsnis feszítőket.

Az építési helyszínen kibontott ponyva tisztaságára nagy gondot kell fordítani, mert az utólagos tisztítás a belső oldalon igencsak nehézkes. Mezőgazdasági agrofólia lefektetésével lehet óvni a ponyvát illetve rajta járni posztópapucsban javasolt csak. A földönfekvő ponyvát óvni kell a szélhatásoktól, mert a nagy „vitorlát” a szél könnyen felkaphatja.

A több darabból álló ponyvákat a földön kell összeállítani mechanikus kötésekkel. A csomópontokat és a peremeket is a földön javasolt elkészíteni. (JOSEP IGNASI DE LLORENS 2015)

A ponyvahéj felrakását nem szabad megszakítani az ideiglenes vagy végleges lekötések elhelyezéséig. Nem javasolt 12km/h-át meghaladó szélben, illetve csapadékos időben a ponyva szerelését végezni. A ponyvát nem szabad rángatni, erőszakosan húzni, ha a ponyva beakad valamibe a felrakás folyamán, türelemmel ki kell deríteni, mi okozza az akadályt.

A feszített sátrak építésének három alapvető különböző módozata létezik:

- A kész szerkezetre felrakott ponyva legöngyölítése.
- Szerkezet és ponyva egyidejű emelése.
- Felállított vázra a ponyva felhúzása.

Komplex szerkezeteknél a három kombinációja a legjellemzőbb

(Dr. KOLLÁR LAJOS 1987)

Források

BECCARELLI PAOLO. 2015. „The Design, Analysis and Construction of Tensile Fabric Structures”. In *Biaxial Testing for Fabrics and Foils*, 9–33. Cham: Springer International Publishing. http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-02228-4_2.

Dr. HEGYI DEZSŐ. 2012. „Ponyvaszerkezetek_V1”. Budapest.

Dr. KOLLÁR LAJOS. 1987. *Ponyvaszerkezetek*. Budapest: Műszaki könyvkiadó.

FORSTER, BRIAN, és MARIJKE MOLLAERT, szerk. 2004. *European Design Guide for Tensile Surface Structures: TensiNet*. Brussel: Vrije Univ. Brussel.

HINCZ KRISZTIÁN. 2003. „Feszített Ponyvaszerkezetek Tervezése és Statikai Vizsgálata Numerikus Módszerrel (PhD értekezés)”. Budapest.

JOSEP IGNASI DE LLORENS. 2015. *Fabric structures in architecture*. Boston, MA: Elsevier.

LSA. 2014. „Lightweight Structures for Efficient and Sustainable Building Solutions”. Australia.

MICHAEL SEIDEL. 2009. *Tensile Surface Structures: A Practical Guide to Cable and Membrane Construction*. 1 edition. Berlin: Ernst & Sohn.

Prof. RAMON SASTRE. 2015. „Handbook for Sustainable Construction With Tensile Structures”. <Http://tecno.upc.edu/>. <http://www.joomag.com/magazine/espazio-magazine-handbook-2015/0095645001419634992>.

STATIKAI SZÁMÍTÁS

FESZÍTETT PONYVASZERKEZET
TERVEZÉSE

KÉSZÍTETTE: VETIER BÁLINT

Tartalomjegyzék

Bevezetés	4
Kiindulási adatok	4
Geometria	4
Terepviszonyok	4
Anyagminőségek	4
Számítás során felhasznált szabványok irodalmak és szoftverek	5
Teher meghatározás	5
Állandó terhek	5
Esetleges terhek	5
Hasznos teher ponyvatetőn	5
Hóteher	5
Szélteher	6
Teheresetek és teherkombinációk:	14
Közelítő kézi számítás	16
Ponyva ellenőrzése hóteher hatására	16
Teherátvitel	21
Feszítőerő átszámítása	21
Hóteher átszámítása	22
Szélteher átszámítása	23
Szerkezeti elemek méretezése	24
Normálerő maximum ábra	25
Normálerő minimum ábra	25
Nyíróerő y minimum ábra	26
Nyíróerő y maximum ábra	26
Nyíróerő z minimum ábra	27
Nyíróerő z maximum ábra	27
Hajlítónyomaték y tengely minimum	28
Hajlítónyomaték y tengely maximum	28
Hajlítónyomaték z tengely minimum	29
Hajlítónyomaték z tengely maximum	29

Normálfeszültség keresztmetszeti minimuma.....	30
Normálfeszültség keresztmetszeti maximuma.....	30
Rúdelem kihasználtság.....	31
Kézi ellenőrzés.....	32
Húzott alsó rúd ellenőrzése	32
Szélső oszlopra hegesztett csomólemez ellenőrzése	33
Húzott kétoldali varrat ellenőrzése	34
Nyomott „nagy” közbenső oszlop ellenőrzése	35
Előfeszítés	37
Csomóponti ellenőrzés.....	37
8-as és 10-es szelvény kapcsolatának ellenőrzése	37
A köracél és a pengelemez hegesztett kapcsolata	37
A pengelemez és az oszlop hegesztett kapcsolata	39
MEGFELEL	39
A pengelemezek közötti csavaros kapcsolat ellenőrzése	40
7-es és 10-es szelvény kapcsolatának ellenőrzése	41
A csőszelvény és a pengelemez hegesztett kapcsolata.....	41
A pengelemez és a tartóoszlop hegesztett kapcsolata	42
A pengelemezek közötti csavaros kapcsolat ellenőrzése	43
9-es és 10-es szelvény kapcsolatának ellenőrzése	45
A körszelvény és a pengelemez hegesztett kapcsolata.....	45
A pengelemez és tartóoszlop hegesztett kapcsolata	46
A pengelemezek közötti csavaros kapcsolat ellenőrzése	47
3-mas és 10-es szelvény kapcsolatának ellenőrzése	48
A körszelvény és a pengelemez hegesztett kapcsolata.....	48
A pengelemez és a tartóoszlop hegesztett kapcsolata	49
A pengelemezek közötti csavaros kapcsolat ellenőrzése	50
8-as és 4-es szelvény kapcsolatának ellenőrzése	51
A köracél és a pengelemez hegesztett kapcsolata	51
A pengelemez és az oszlop hegesztett kapcsolata	52
A pengelemezek közötti csavaros kapcsolat ellenőrzése	53

Csomóponti ellenőrzése héjmodell segítségével.....	54
Von Mises összehasonlító közép feszültség.....	55
Alapozás ellenőrzése.....	57
A számítás alapbeállításai	57
Talaj paraméterek.....	57
Alaptest geometriájának felvétele	58
Teher	58
Anyagok	59
Talajvíz felvétele.....	59
Teherbírás.....	59
Süllyedés számítása.....	60
Méretezés	62
Szerkesztési szabályok ellenőrzése.....	62

Bevezetés

2015-16 tanév első félévében szakdolgozatom elkészítése során célul tűztam ki magamnak, hogy megismerkedjek a feszített ponyvaszerkezetekkel. Készítettem egy tanulmányt ami kapcsán megismerkedtem a feszített ponyvaszerkezetekkel több aspektusban, illetve megterveztem egy körszimmetrikus ponyvaszerkezetet.

Kiindulási adatok

Geometria

Átmérő $D = 16\text{m}$

Teljes magasság $H = 10\text{m}$

Vállmagasság $h = 6$

Tető magasság $t = 4$

Tetőponti gyűrű átmérője $d = 1\text{m}$

Tető vállponti hajlásszög $\alpha = 24^\circ$

Tető tetőponti hajlásszög $\beta = 59^\circ$

Oldalhossz $o = 4,1\text{m}$

Oldalak száma: $n = 12$ db

Terepviszonyok

Padlószint $\pm 0,00 = 122\text{ mBf.}$

Terepviszony: kitett

Terepkategória: I jelű nyílt terep

Anyagminőségek

Acél:

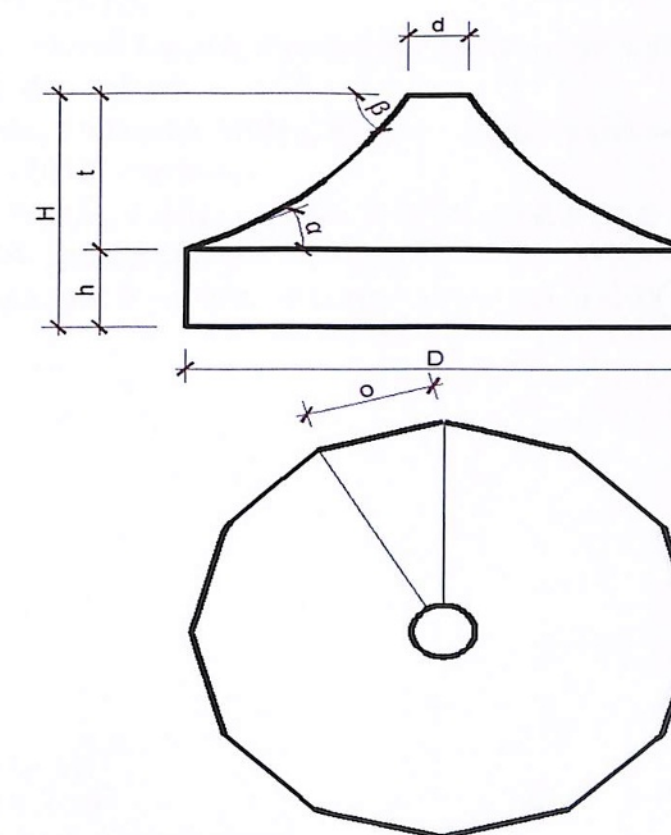
szerkezet: S235 [$\gamma = 1,15$]

Csavarok: 8.8

Feszítőpáaszma: 1770N

Ponyva: Precontraint 1302 –Ferrari [$\gamma = 2,5$]

Beton: C25/30- XC2-24-F2 [$\gamma = 1,5$]



Számítás során felhasznált szabványok irodalmak és szoftverek

Szabványok:

- Eurocode 0 MSZ EN 1990 A tartószerkezetek tervezésének alapjai
- Eurocode 1 MSZ EN 1991 A tartószerkezeteket érő hatások
- Eurocode 2 MSZ EN 1992 Betonszerkezetek tervezése
- Eurocode 3 MSZ EN 1993 Acélszerkezetek tervezése
- Eurocode 7 MSZ EN 1997 Geotechnikai tervezés

Felhasznált irodalom:

- Dr. Dulácska Endre: Kisokos statikusoknak (2013. február).
- Zalka Károly: Tartók statikája II. (2010).
- Ádány Sándor, Dulácska Endre, Dunai László, Fernezelyi Sándor, Horváth László: Acélszerkezetek (2010. december).
- Deák György, Draskóczy András, Dulácska Endre, Kollár László, Visnovitz György: Vasbeton szerkezetek (2012. március).
- Dr. Visnovitz György, Erdélyi Tamás, Kollár László: A tartószerkezeti tervezés alapjai/ Terhek és hatások (2014. szeptember).
- Luisa Godoy p. l . Genock portela: g.s. A review of wind-tunnel results of pressures on tank models

Szoftverek:

- Axis VM 13,
- Ixforteen 4000,
- GEO5,
- Tekla structures,
- Autocad

Teher meghatározás

Állandó terhek ($\gamma=1,35$)

Tartószerkezet önsúlya: [Axis]
Ponyvatető önsúlya: $0,1 \text{ kN/m}^2$
Gépészeti teher: nem várható a szerkezeten
Feszítőerő: Ixforteen 4000 szoftverrel számítva

Esetleges terhek ($\gamma=1,50$)

Hasznos teher ponyvatetőn

$G_k=0 \text{ KN/m}^2$ (H kategóriájú $\alpha=24^\circ$)

Hóteher

(MSZ-EN 1991-1-3 EC 1; $\gamma=1,5$; $\psi=0,5$)

$s_k=1,25 \text{ kN/m}^2$ (400m tengerszint alatti magasság)

Általános beépítettség: $C_e=1$

Tető hajlásszöge

$$\alpha_1 = 24^\circ \quad \mu_1 = 0,8$$

$$\alpha_2 = 11^\circ \quad \mu_1 = 0,8(2 - \alpha/30) = 0,8(2 - 45/30) = 0,4$$

$C_e = 1$ (szél hatását figyelembe vevő tényező)

$C_t = 1$ (hőmérsékleti tényező)

$$s_1 = C_e \cdot C_t \cdot \mu \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 = 1,25 \text{ kN/m}^2$$

$$s_1 = C_e \cdot C_t \cdot \mu \cdot s_k = 1 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 1,25 = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

Szélteher

(MSZ-EN 1991-1-4 EC 1; $\gamma = 1,5$; $\psi = 0,6$)

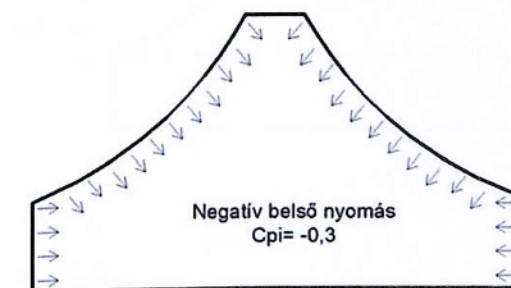
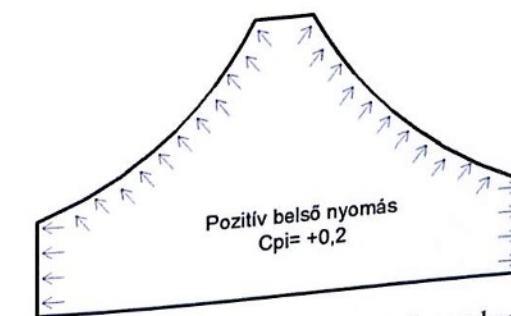
Terepkategória: I.

$$w = q_p \cdot c_p$$

Épület magassága: 10,0m

Szél torlónyomása: $q_p = 0,964 \text{ kN/m}^2$

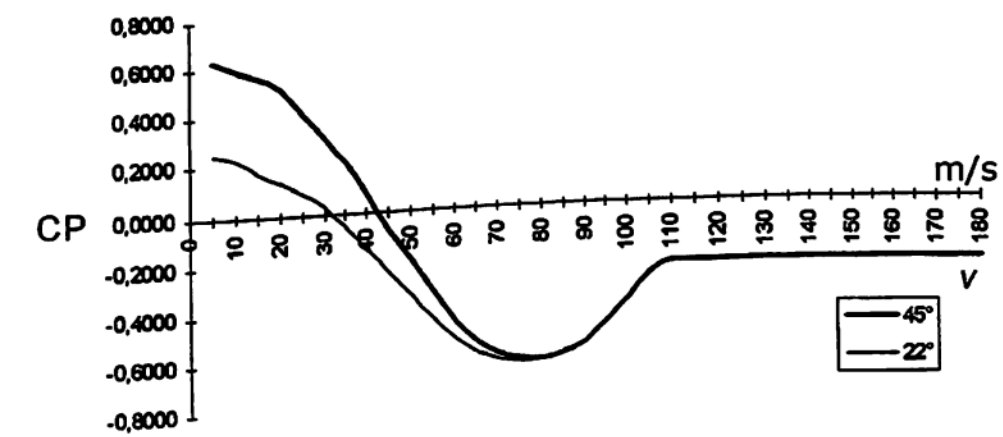
Belső szélnyomás:



Nincsen olyan homlokzat/tető amelyen a teljes épületfelület nyílás-területeinek aránya legalább a 2/3-a koncentrálódna.

Külső szélnyomás

Széltéher a tetőn:



EN 13782:2005 (E) diagram alapján lehetséges meghatározni a szükséges Cp értékeket.
A biztonság javára 45° tartozó vonal alapján kell leolvasni a szükséges értékeket.

Széltámadta oldal

$$C_{pA}=+0,61$$

$$C_{pB}=+0,38$$

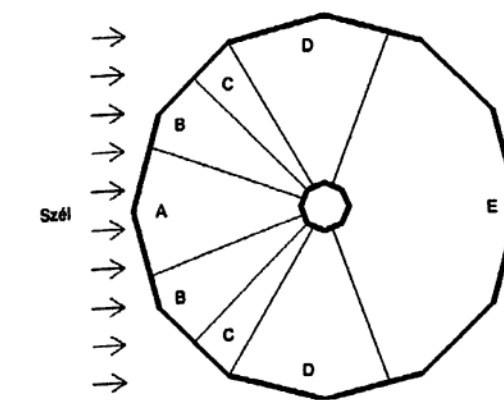
$$C_{pC}=-0,25$$

Széliránnyal párhuzamos oldal

$$C_{pD}=-0,63$$

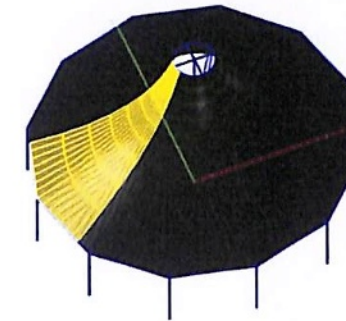
Szélárnyékos oldal

$$C_{pE}=-0,22$$

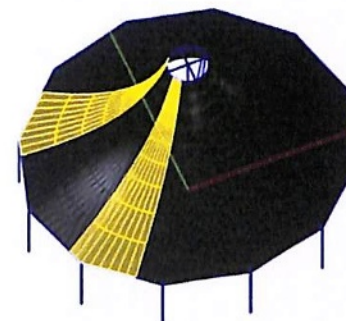


Széltéher zónák a ponyvatetőn:

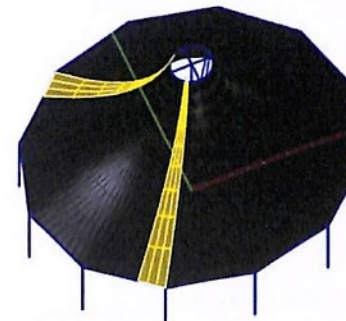
A zóna:



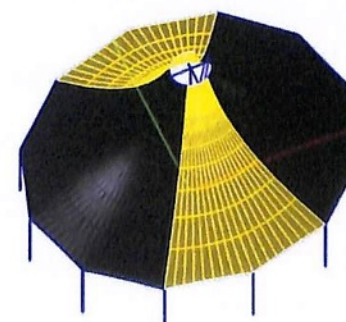
B zóna:



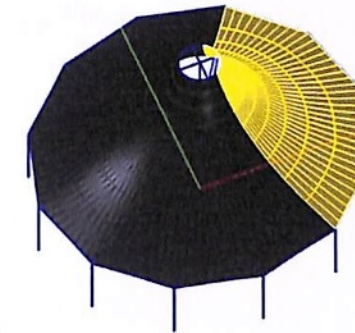
C zóna:



D zóna:



E zóna:



Széltéher oldalfalakon

Szélerők meghatározása felületi szélnyomásokból

H/D aránya: $16/10=1,6$

Széltámadta oldal:

$C_{pe,A}=+1,0$ (nyomás)

Szélárnyékos oldal:

$C_{pe,E}=-0,60$ (szívás)

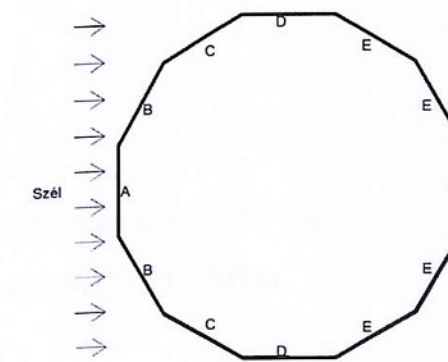
Széliránnyal párhuzamos oldal:

$C_{pe,D}=-1,10$ (szívás)

Közelítő becsléssel: interpolálás az átmeneti szakaszon

Széltámadta oldal: $C_{pe,B}=+0,8$ (nyomás)

Széltámadta oldal : $C_{pe,C}=-0,8$ (nyomás)



Szélerők meghatározása erőtényező segítségével

$$F_w = c_s * c_d * c_f * q_p * A_{ref}$$

c_s, c_d : szerkezeti tényező értéke: 1

q_p : torlónyomás csúcserőteke: $q_p=0,964 \text{ kN/m}^2$

A_{ref} : Referencia felület

c_r : erőtényező

Erőtenyező meghatározása:

$$c_{pe} = c_{p,0} * \psi_{\lambda a}$$

$$\psi_{\lambda a} = 1 \rightarrow 0^\circ < \alpha \leq \alpha_{min}$$

$$\psi_{\lambda a} = \psi_{\lambda} + (1 - \psi_{\lambda}) * \cos \left\{ \frac{\pi}{2} * \left(\frac{\alpha - \alpha_{min}}{\alpha_A - \alpha_{min}} \right) \right\} \rightarrow \alpha_{min} < \alpha \leq \alpha_A$$

$$\psi_{\lambda a} = \psi_{\lambda} \rightarrow \alpha_A < \alpha \leq 180^\circ$$

Reynold szám meghatározása

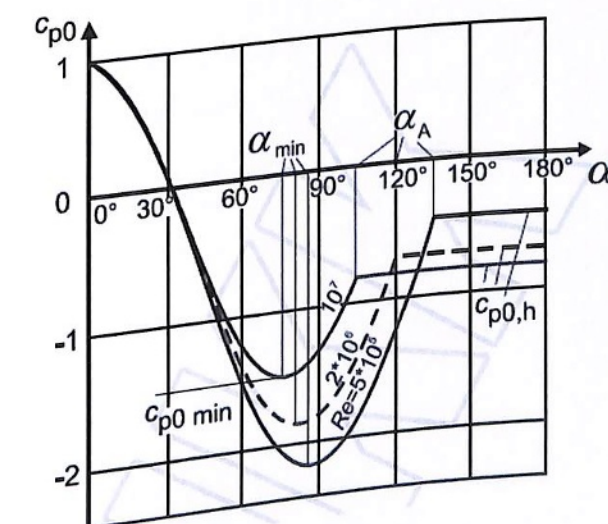
$$Re = \frac{b * v(z_e)}{\nu}$$

Átmérő $b=16,0$ m

Kinetikus viszkozitása az áramló közegnek $\nu=15*10^{-6}$ m²/s

Terepszint feletti legnagyobb magasság $v(z_e)=10,0$ m

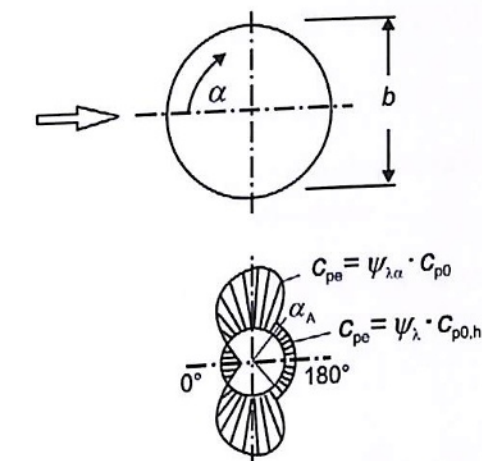
$$Re = \frac{b * v(z_e)}{\nu} = \frac{16 * 10}{15 * 10^{-6}} = 1,066 * 10^7$$



Szagatott vonal alapján leolvasva:

$$\alpha_{min} = -1,8 \quad (75^\circ\text{-nál})$$

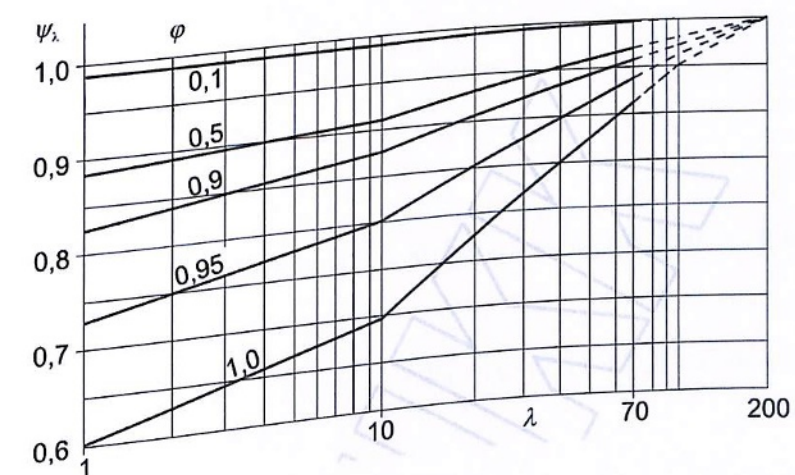
$$\alpha_A = -0,7 \quad (120^\circ\text{-nál})$$



ψ_{λ} meghatározása

$$\frac{h}{d} = \frac{10}{16} = 0,625 \rightarrow 0,5 \text{ és } 0,9 \text{ közötti görbék között interpolálás}$$

$$\lambda = 70$$



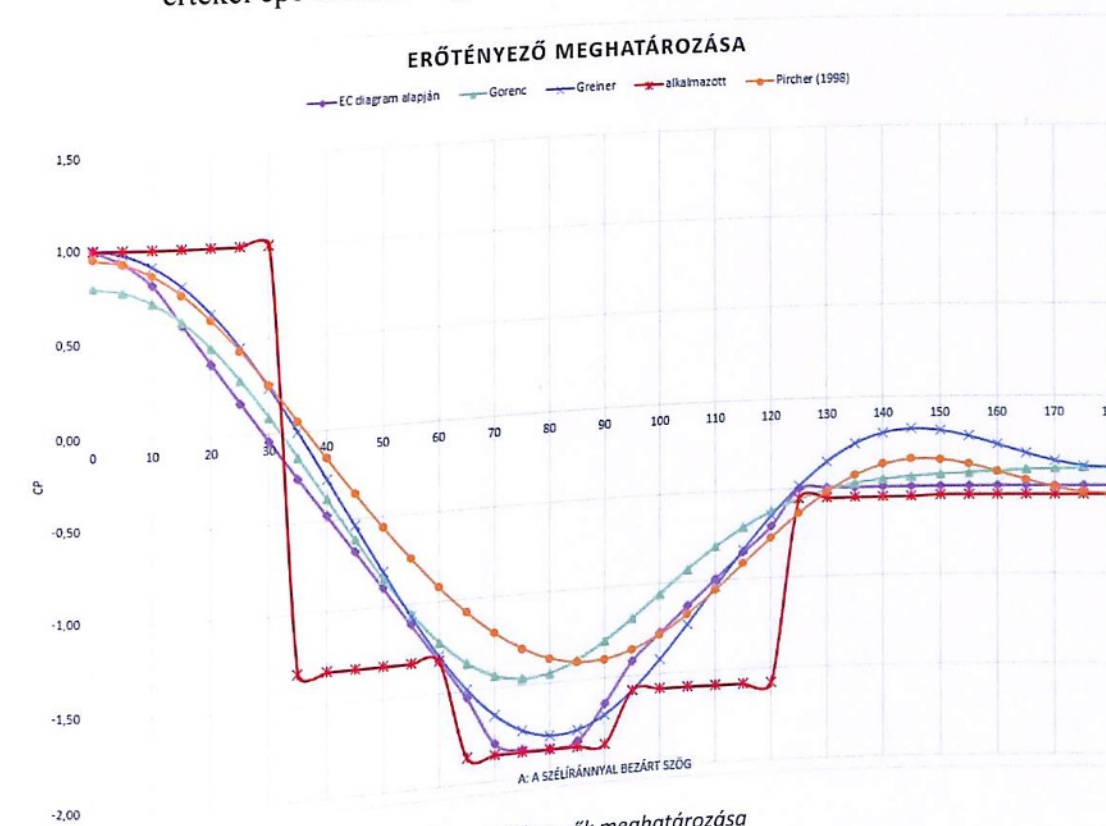
$$\psi_{\lambda} = 0,96$$

$$0^{\circ} < \alpha \leq 75^{\circ} \rightarrow \psi_{\lambda a} = 1$$

$$75^0 < \alpha \leq 120^0 \rightarrow \psi_{\lambda a} = 0,96 + (1 - 0,96) * \cos \left\{ \frac{\pi}{2} * \left(\frac{\alpha - 1,8}{0,7 - 1,8} \right) \right\}$$

$$120^0 < \alpha \leq 180^0 \rightarrow \psi_{\lambda a} = \psi_{\lambda}$$

$c_{pe} = \psi_{\lambda, a} * c_{p0}$ képlet alapján táblázat kezelő segítségével az értékel cpe értékek meghatározása



1. ábra Erőtenyezők meghatározása

A burkoló ábra (piros egyenes) grafikonja az alábbi összefüggések alapján lett számítva:

Gorenc (1986)

$$Cp = -0,55 + 0,25 * \cos(\alpha) + 0,75 * \cos(2\alpha) + 0,4 * \cos(3\alpha) - 0,05 * \cos(5\alpha)$$

Greiner (1983)

$$Cp = -0,55 + 0,25 * \cos(\alpha) + 1 * \cos(2\alpha) + 0,45 * \cos(3\alpha) - 0,1 * \cos(4\alpha)$$

Pircher (1998)

$$Cs = -0,50 + 0,40 \cos(\alpha) + 0,80 \cos(2\alpha) + 0,30 \cos(3\alpha) - 0,10 \cos(4\alpha) + 0,05 \cos(5\alpha)$$

MSZ-EN 1991-1-4 EC 1 alapján grafikonról leolvasott értékek

A burkoló ábra megállapításánál alapszempont volt, hogy a biztonság javára történjen az eljárás. A felosztás 30° osztásközzel történt, így egy falon belül azonos szélterhet lehetséges alkalmazni.

$$C_{p1}=+1$$

$$C_{p2}=-1,33$$

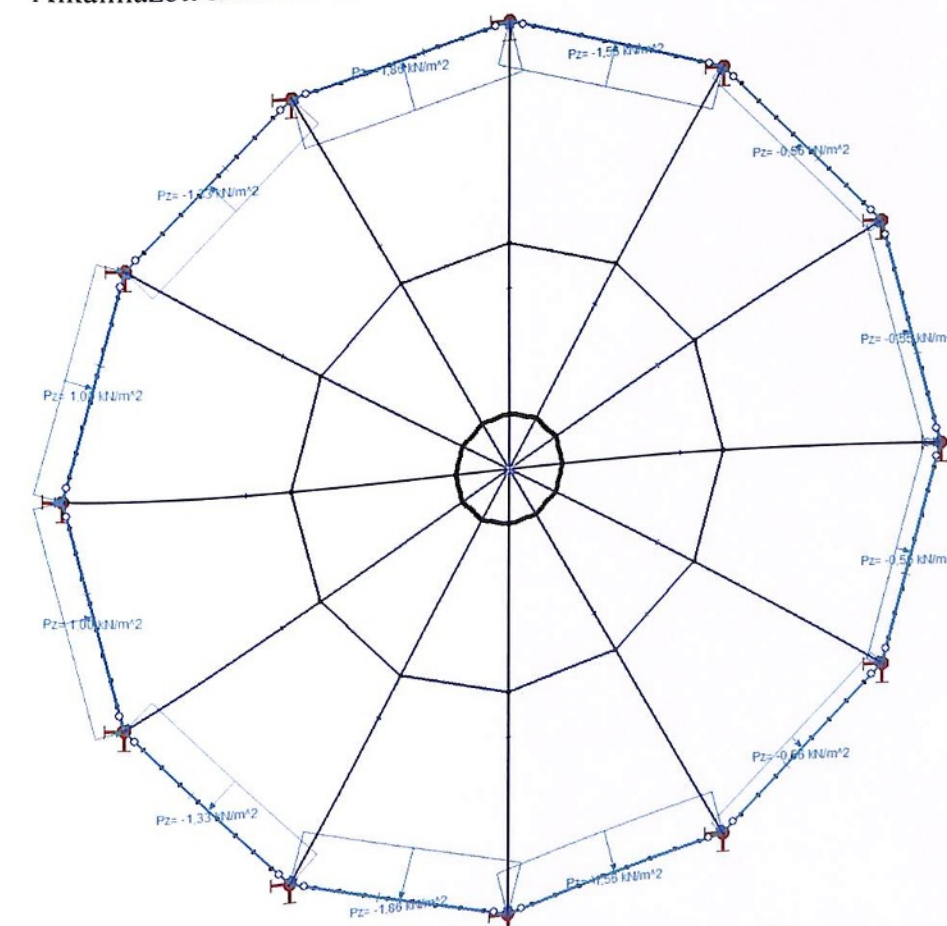
$$C_{p3}=-1,86$$

$$C_{p4}=-1,58$$

$$C_{p5}=-0,56$$

$$C_{p6}=-0,55$$

Alkalmazott szélteher az oldalfalakon



2. ábra Alkalmazott szélteher az oldalfalakon

Teheresetek és teherkombinációk:

Axissal számítva: automatikus mértékadó teherkombinációk az alábbi képletek alapján:

ULS: Teherbírési határállapothoz tartozó

$$\max \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \Psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i \neq 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i},$$
$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \neq 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

SLS: Használhatósági határállapothoz tartozó

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Név	Típus	Feszítő ponyva erő (Állandó)	Önsúly (Állandó)	Feszítőerő rúd (Állandó)	Hő (Esetleges)	Szél belső szívás (Esetleges)	Szél belső nyomás (Esetleges)	Szél külső fal (Esetleges)	Szél ponyva (Esetleges)
1. Tk	ULS (a, b)	1	1	1	0	0	0	0	0
2. Tk	ULS (a, b)	1	1	1	0	0	0	1,05	0
3. Tk	ULS (a, b)	1	1	1	0	0	1,05	0	0
4. Tk	ULS (a, b)	1	1	1	0	1,05	0	0	0
5. Tk	ULS (a, b)	1	1	1	0	0	0	0	1,05
6. Tk	ULS (a, b)	1	1	1	0	0	0	0	0
7. Tk	ULS (a, b)	1,35	1,35	1,35	0	0	0	1,05	0
8. Tk	ULS (a, b)	1,35	1,35	1,35	0	0	1,05	0	0
9. Tk	ULS (a, b)	1,35	1,35	1,35	0	1,05	0	0	0
10. Tk	ULS (a, b)	1,35	1,35	1,35	1,05	0	0	0	0
11. Tk	ULS (a, b)	1,35	1,35	1,35	0	0	0	0	1,05
12. Tk	ULS (a, b)	1,35	1,35	1,35	0	0	0	1,5	0
13. Tk	ULS (a, b)	1	1	1	0	0	1,5	0	0
14. Tk	ULS (a, b)	1	1	1	0	1,5	0	0	0
15. Tk	ULS (a, b)	1	1	1	1,5	0	0	0	0
16. Tk	ULS (a, b)	1	1	1	0	0	0	0	1,5
17. Tk	ULS (a, b)	1	1	1	0	0	0	0	0
18. Tk	ULS (a, b)	1,15	1,15	1,15	0	0	0	1,5	0
19. Tk	ULS (a, b)	1,15	1,15	1,15	0	0	1,5	0	0
20. Tk	ULS (a, b)	1,15	1,15	1,15	0	1,5	0	0	0
21. Tk	ULS (a, b)	1,15	1,15	1,15	1,5	0	0	0	0
22. Tk	ULS (a, b)	1,15	1,15	1,15	0	0	0	0	1,5
23. Tk	ULS (a, b)	1,15	1,15	1,15	0	0	0	0	0
24. Tk	SLS Kváziállandó	1	1	1	0	0	0	0,3	0
25. Tk	SLS Kváziállandó	1	1	1	0	0	0,3	0	0
26. Tk	SLS Kváziállandó	1	1	1	0	0,3	0	0	0
27. Tk	SLS Kváziállandó	1	1	1	0,3	0	0	0	0
28. Tk	SLS Kváziállandó	1	1	1	0	0	0	0	0,3
29. Tk	SLS Kváziállandó	1	1	1	0	0	0	0	0
30. Tk	A1(a,b)	1	1	1	0	0	0	1,05	0
31. Tk	A1(a,b)	1	1	1	0	1,05	0	0	0
32. Tk	A1(a,b)	1	1	1	0	0	0	0	0
33. Tk	A1(a,b)	1	1	1	1,05	0	0	0	1,05
34. Tk	A1(a,b)	1	1	1	0	0	0	0	0
35. Tk	A1(a,b)	1	1	1	0	0	0	0	0
36. Tk	A1(a,b)	1,35	1,35	1,35	0	0	0	1,05	0
37. Tk	A1(a,b)	1,35	1,35	1,35	0	0	1,05	0	0
38. Tk	A1(a,b)	1,35	1,35	1,35	0	1,05	0	0	0
39. Tk	A1(a,b)	1,35	1,35	1,35	1,05	0	0	0	0
40. Tk	A1(a,b)	1,35	1,35	1,35	0	0	0	0	1,05
41. Tk	A1(a,b)	1,35	1,35	1,35	0	0	0	1,5	0
42. Tk	A1(a,b)	1	1	1	0	0	1,5	0	0
43. Tk	A1(a,b)	1	1	1	0	1,5	0	0	0
44. Tk	A1(a,b)	1	1	1	1,5	0	0	0	0
45. Tk	A1(a,b)	1	1	1	0	0	0	0	1,5
46. Tk	A1(a,b)	1	1	1	0	0	0	0	0
47. Tk	A1(a,b)	1,15	1,15	1,15	0	0	0	1,5	0
48. Tk	A1(a,b)	1,15	1,15	1,15	0	0	1,5	0	0
49. Tk	A1(a,b)	1,15	1,15	1,15	0	1,5	0	0	0
50. Tk	A1(a,b)	1,15	1,15	1,15	1,5	0	0	0	0
51. Tk	A1(a,b)	1,15	1,15	1,15	0	0	0	0	1,5
52. Tk	A1(a,b)	1,15	1,15	1,15	0	0	0	0	0
53. Tk	A2(a,b)	1	1	1	0	0	0	1,3	0
54. Tk	A2(a,b)	1	1	1	0	1,3	0	0	0
55. Tk	A2(a,b)	1	1	1	1,3	0	0	0	0
56. Tk	A2(a,b)	1	1	1	0	0	0	0	1,3
57. Tk	A2(a,b)	1	1	1	0	0	0	0	0
58. Tk	A2(a,b)	0,85	0,85	0,85	0	0	0	1,3	0
59. Tk	A2(a,b)	0,85	0,85	0,85	0	0	1,3	0	0
60. Tk	A2(a,b)	0,85	0,85	0,85	0	1,3	0	0	0
61. Tk	A2(a,b)	0,85	0,85	0,85	1,3	0	0	0	0
62. Tk	A2(a,b)	0,85	0,85	0,85	0	0	0	0	1,3
63. Tk	A2(a,b)	0,85	0,85	0,85	0	0	0	0	0
64. Tk	A2(a,b)	0,85	0,85	0,85	0	0	0	0	0

Ponyva ellenőrzése

Közelítő kézi számítás

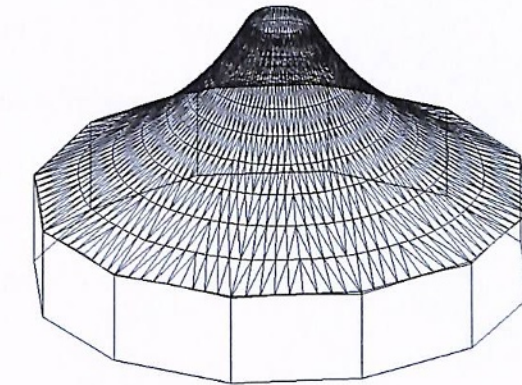
Előfeszítés: 1,0-1,5 kN/m felületben
(metszeterő)

Előfeszítés függőleges hatása közelítőleg

$$F_{függ} = \sin 59^\circ * 1 = 0,857 \text{ kN/m}$$

Közbenső támaszban ébredő erő
meghatározása előfeszítés hatására

$$F_T = F_{függ} * 2r\pi = 0,857 * 2 * 8 * \pi \\ = 43,08 \text{ kN}$$



Ponyva ellenőrzése hőteher hatására

Ponyva anyag

Közelítő kézi számításban 5 cm széles
sávra vetítve adjuk meg a ponyva
szakítószilárdságát.

3. ábra 3D drótváz

Precontraint 702 S –Ferrari lánc irányú szakítószilárdsága

$$N_{szakító} = 455,28 \text{ N/mm}$$

$$N_{szakító} = 9105,6 \text{ N/5 cm}$$

Anyag oldali biztonsági tényező: $\gamma_{M, \text{ponyva}} = 2,5$

Önsúly:

$$g_d = 0,1 \text{ kN/m}^2$$

Teher oldali biztonsági tényező: $\gamma_{\text{önsúly}} = 1,35$

$$G_{d,\text{öns}} = 1,35 * 0,1 = 0,14 \text{ kN/m}^2$$

Hóteher

$$s_d = 1,25 \text{ kN/m}^2$$

Teher oldali biztonsági tényező: $\gamma_{\text{hó}} = 1,5$

$$Q_{d,sk} = 1,5 * 1,25 = 1,88 \text{ kN/m}^2$$

Közbenső támasznál ébredő függőleges erő (feszítés, önsúly és hóteher hatására)

$$F_t = \frac{D^2}{4} * \pi * (Q_{d,sk} + G_{d,öns}) = \frac{16^2}{4} * \pi * (1,88 + 0,14) = 406,14 \text{ kN}$$

A ponyvában ébredő erő a felső gyűrűnél

$$\text{A körgyűrű kerülete: } K = 1,0^2 \cdot \pi = 3,14 \text{ m}$$

$$\text{A ponyva erejének függőleges komponense: } N_{p,v,hö,öns} = \frac{F_t}{K} = \frac{406,14}{3,14} =$$

$$129,34 \text{ kN/m}$$

$$N_{p,v} = N_{p,v,hö,öns} + F_{t,fesz} = 129,34 + 43,08 = 166,43 \text{ kN/m}$$

A ponyva a gyűrűhöz $\sim 59^\circ$ kapcsolódik be

$$N_p = \frac{166,43}{\sin 59^\circ} = 194,16 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{Rd} = \frac{N_{szakító}}{Y_{M,ponyva}} = \frac{425,28}{2,5} = 170,11 \text{ kN/m}$$

Szükséges ponyva réteg szám

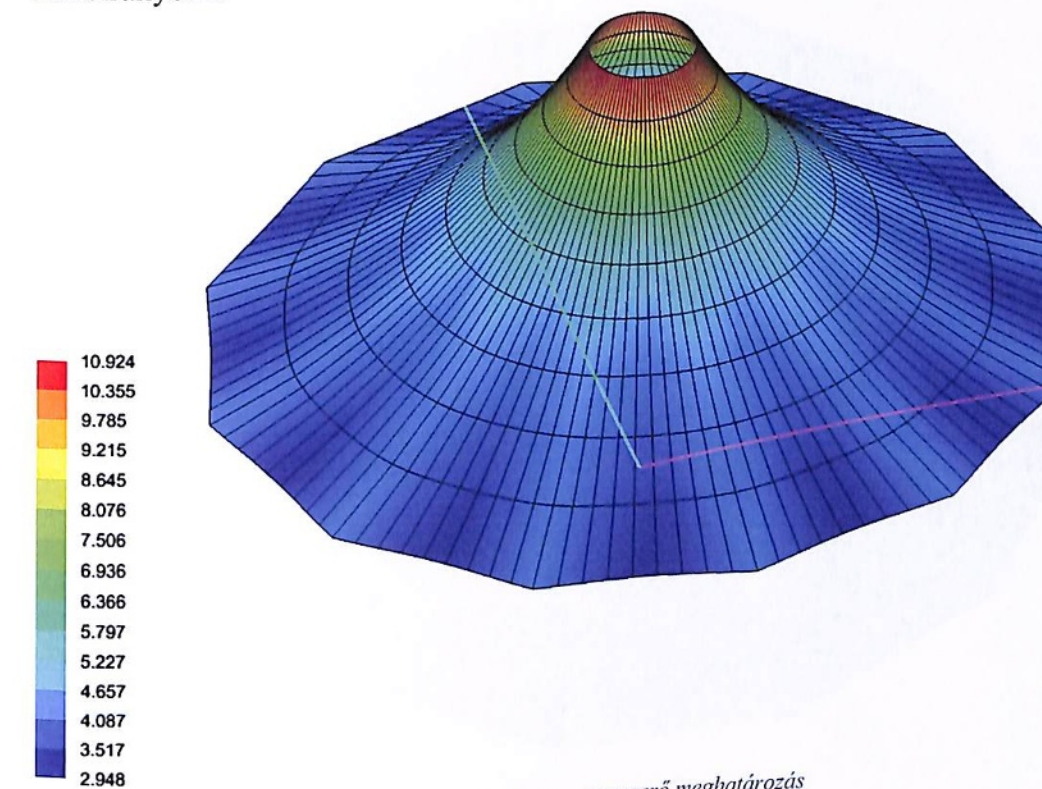
$$n = \frac{N_p}{N_{Rd}} = \frac{194,16}{170,11} = 1,14 \rightarrow n = 2 \text{ réteg ponyva szükséges!}$$

Tehát a gyűrű környékén 2 rétegből felel meg, többi helyen elegendő az 1

réteg is.

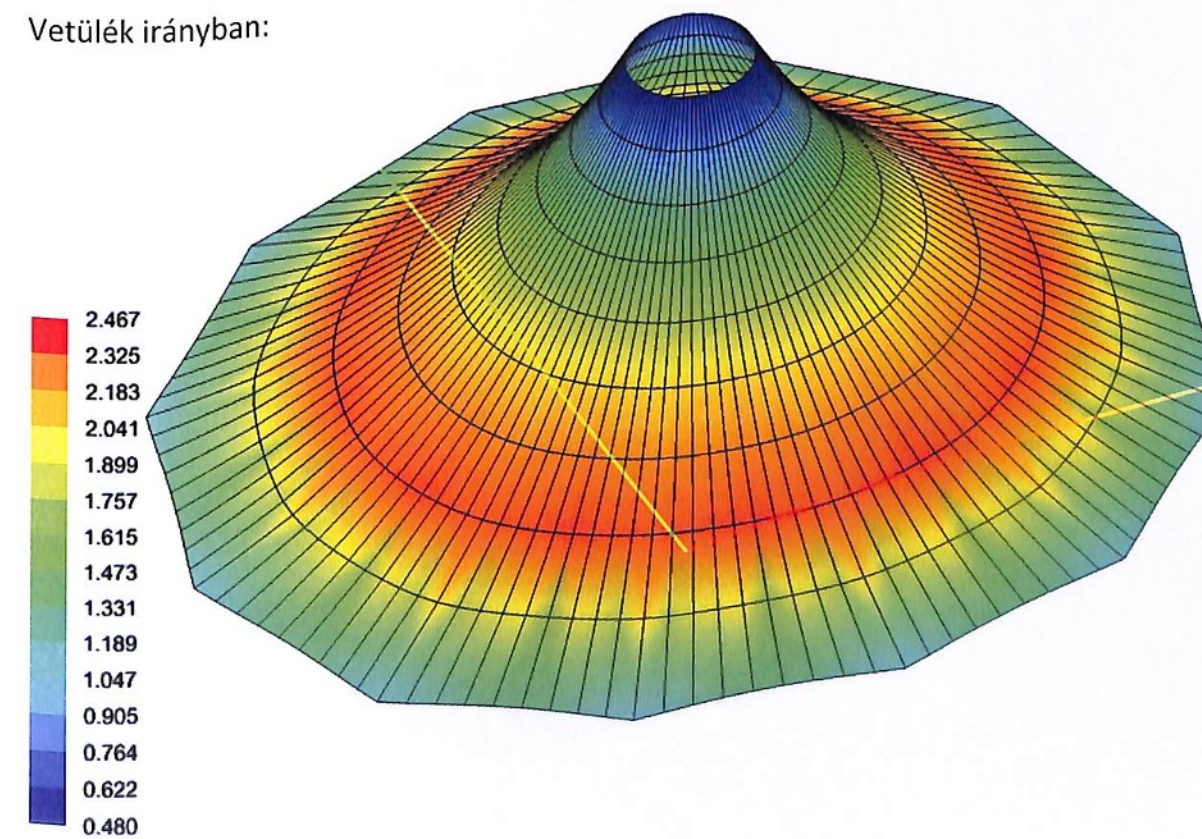
Ixforteen 4000 szoftverrel számított ponyvaerő előfeszítés hatására

Láncirányban:

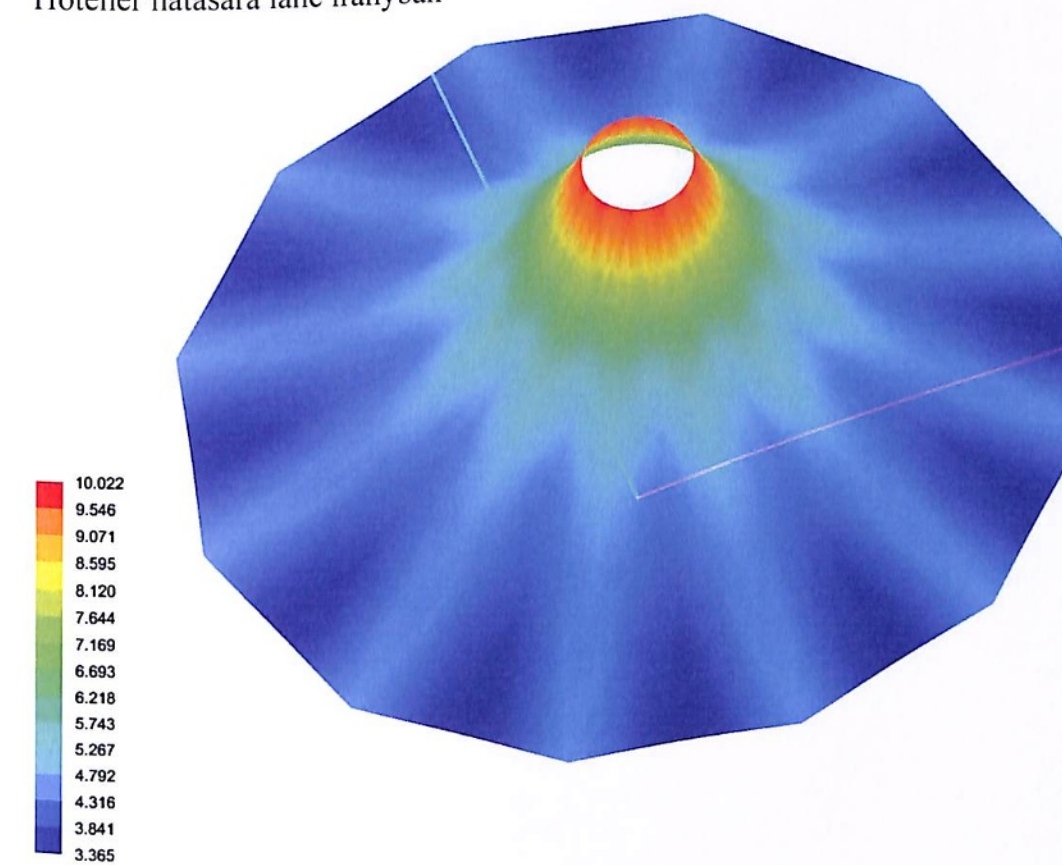


4. ábra Szoftveres ponyvaerő meghatározás

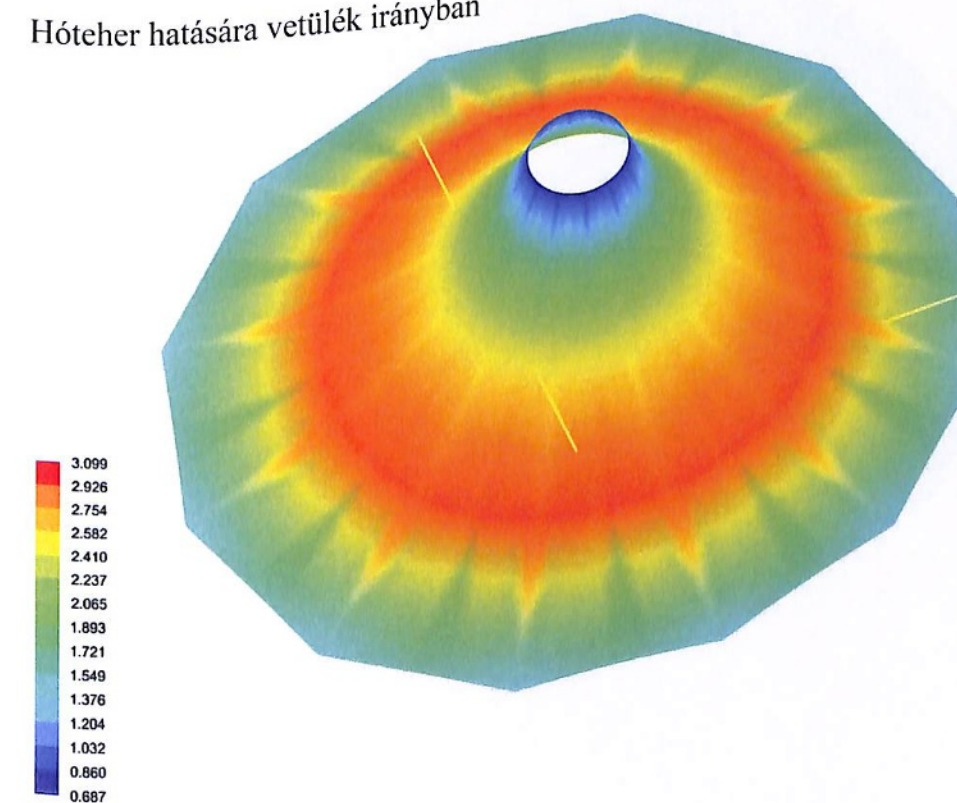
Vetülék irányban:



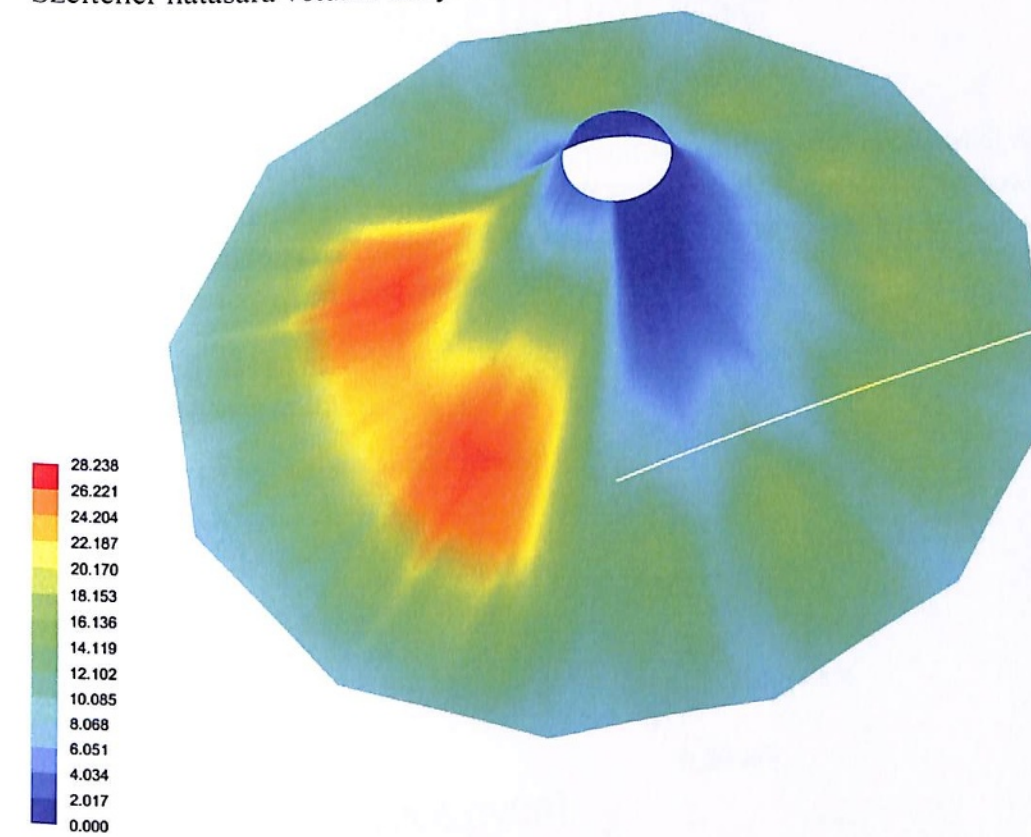
Hóteher hatására láncc irányban



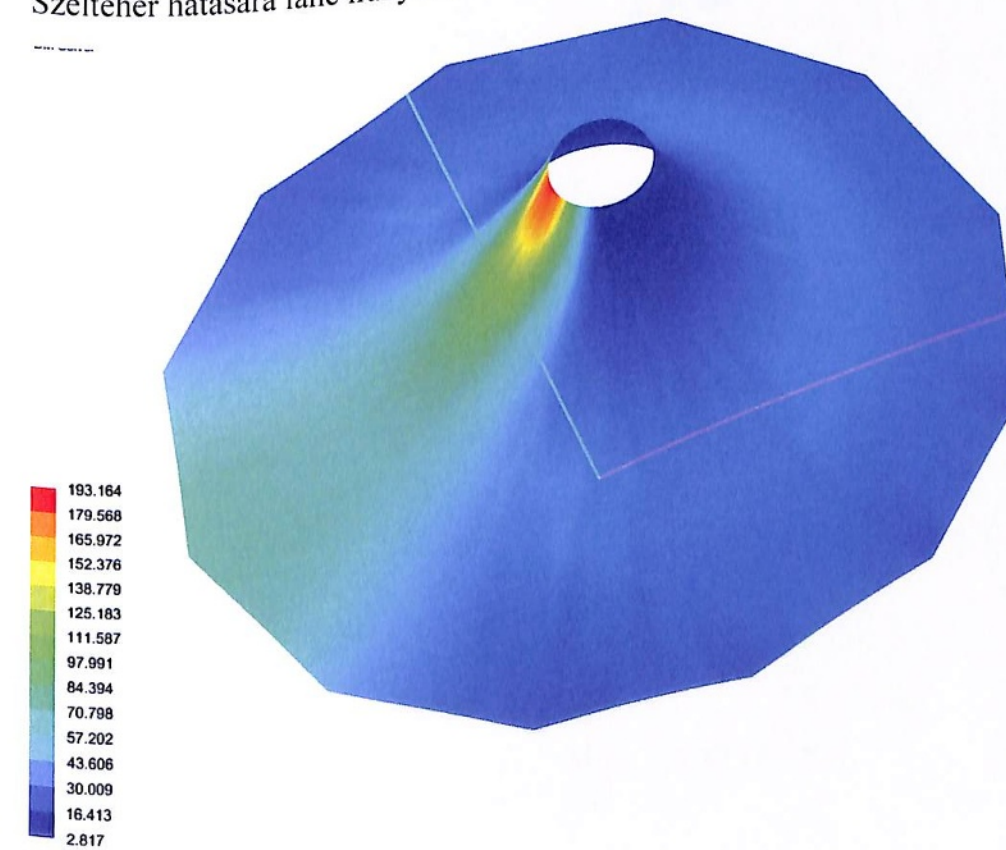
Hóteher hatására vetülék irányban



Szélteher hatására vetülék irányban



Szélteher hatására lánc irányban



Acélszerkezet ellenőrzése

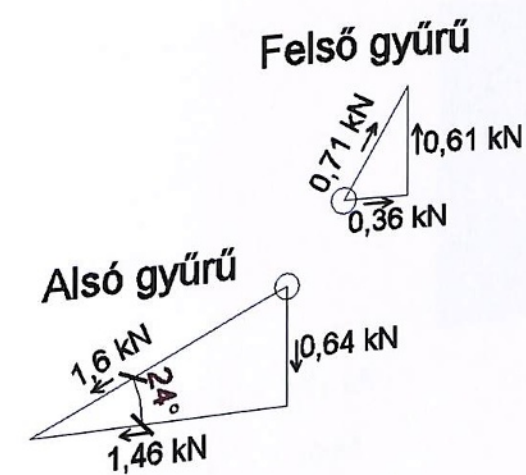
Teherátvitel

A ponyva támaszerőt szükséges volt exportálni az Ixforteen4000 szoftverből Axis VM szoftverbe. A pontszerű ponyva támaszerők átvitele kéziszámitással és táblázatos adatátvitel módszerével történt. A két módszer közül a mértékadó lett véglegesen alkalmazva a tartószerkezet méretezéséhez.

Feszítőerő átszámítása

A feszítő erő átszámítása:

A rudak $n=10$ egységre vannak felosztva.



5. ábra egységnyi feszítőerő

Alsó rúd hossza: 4114 mm

$$F_{x,alsó} = 9 * \frac{1,46}{4,11} = 3,55 \text{ kN/m}$$

$$F_{z,alsó} = 9 * \frac{0,64}{4,11} = 1,56 \text{ kN/m}$$

Felső rúd hossza: 518 mm

$$F_{x,felső} = 9 * \frac{0,36}{0,52} = 0,92 \text{ kN/m}$$

$$F_{z,felső} = 9 * \frac{0,61}{0,52} = 11,73 \text{ kN/m}$$

Hóteher átszámítása

Hóteherrel terhel terület átlagos meredeksége: $\alpha=30^\circ$

Hóteherrel terhelt terület $A=139,51 \text{ m}^2$

$$\Sigma F_s = s_k * \mu * A = 1,25 * 0,8 * 139,51 = 139,51 \text{ kN}$$

Felső gyűrű kerülete

$$k_a = 2 * r * \pi = 3,14 \text{ m}$$

$$F_{felső} = \frac{\Sigma F_s}{k_f} = \frac{139,51}{3,14} = 44,23 \text{ kN}$$

Komponensek számítása

$$F_{y,felső} = F_{felső} * \cos \varphi^\circ = 44,23 * \cos 59^\circ = 22,78 \text{ kN}$$

$$F_{z,felső} = F_{felső} * \sin \varphi^\circ = 44,23 * \sin 59^\circ = 37,91 \text{ kN}$$

Alsó perem kerülete

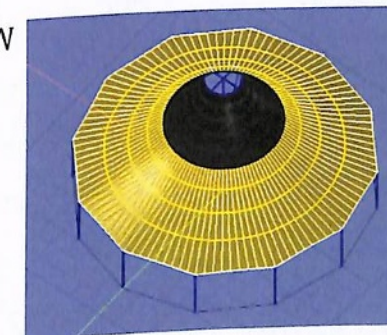
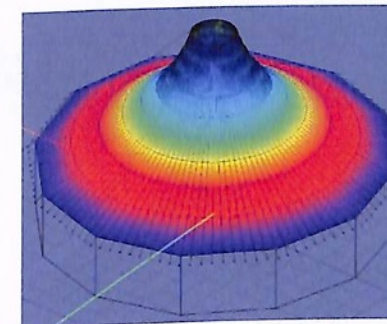
$$k_i = 49,57 \text{ m}$$

$$F_{alsó} = \frac{\Sigma F_s}{k_a} = \frac{139,51}{49,57} = 2,81 \text{ kN}$$

Komponensek számítása

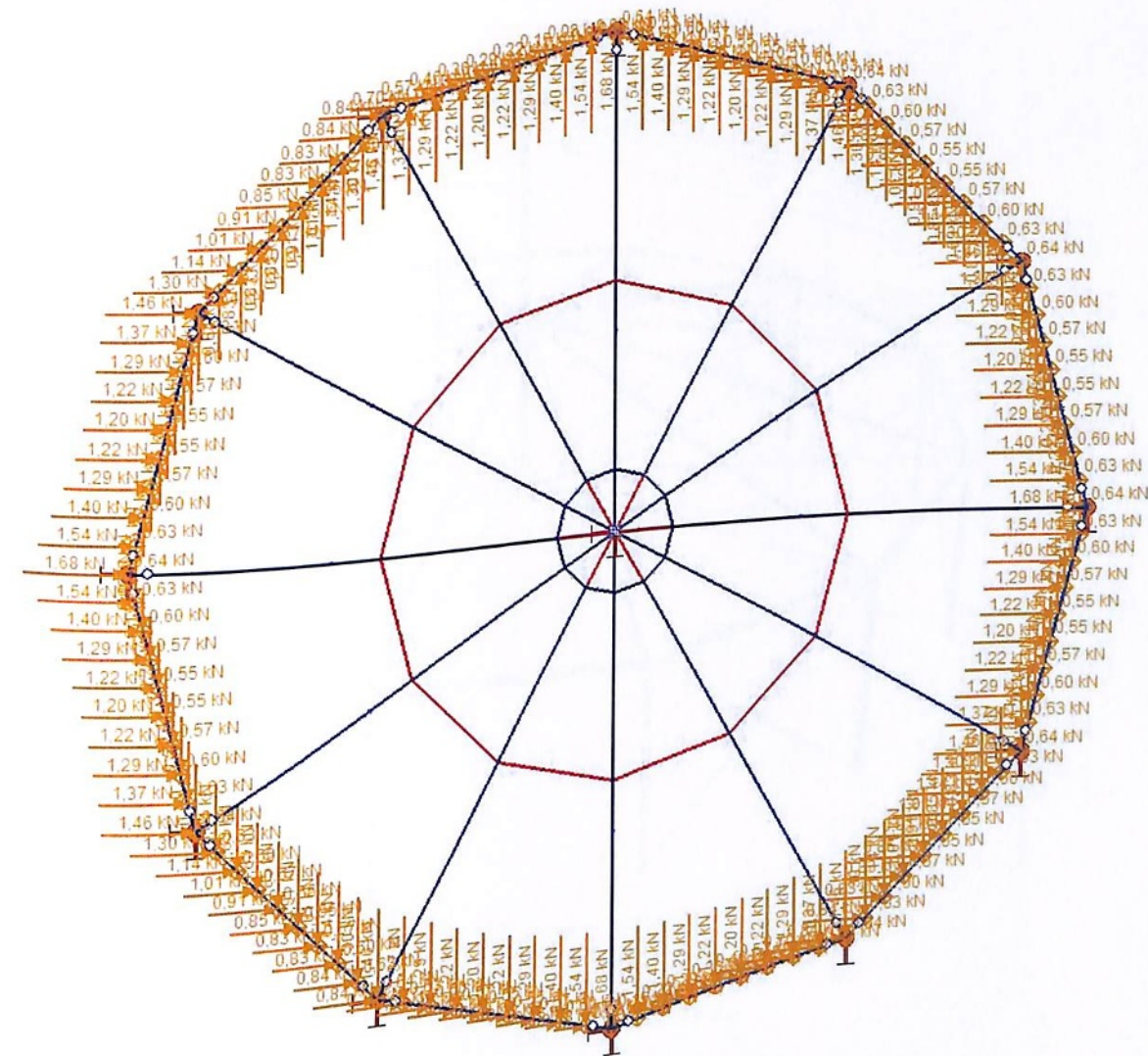
$$F_{y,alsó} = F_{alsó} * \cos \varphi^\circ = 2,81 * \cos 24^\circ = 2,57 \text{ kN}$$

$$F_{z,alsó} = F_{alsó} * \sin \varphi^\circ = 2,81 * \sin 24^\circ = 1,14 \text{ kN}$$



Szélteher átszámítása

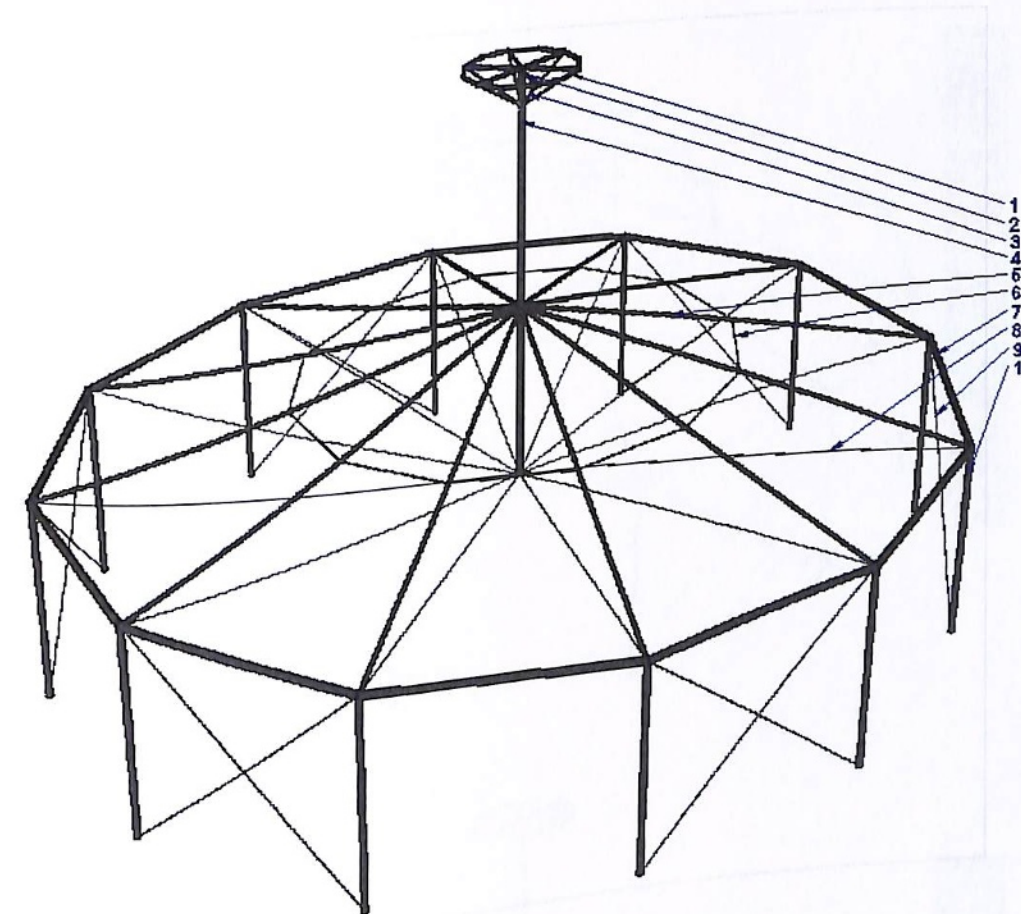
A nagy adathalmazra való tekintettel csak táblázatos módon történt az adatátvitel az Ixforteen4000 szoftverből Axis vm13-ba.



6. ábra Alkalmazott ponyvaszélteher

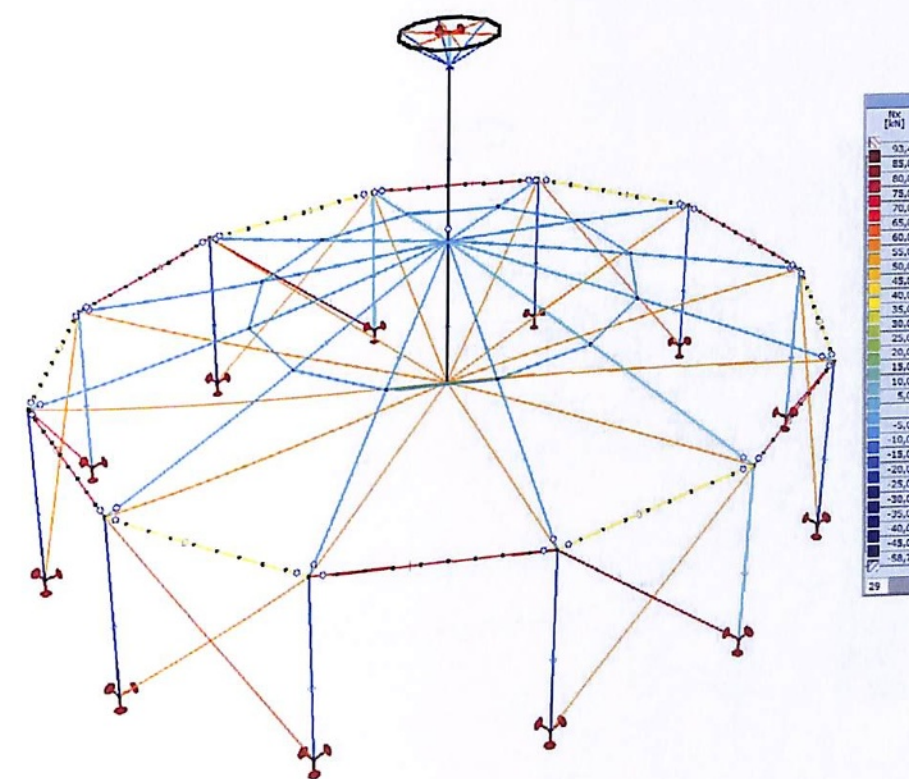
Szerkezeti elemek méretezése

Axis VM szoftver segítségével minden fő szerkezeti elem optimalizálva lett. Az optimalizálás folyamán 10 db fő szerkezeti egységre lett felosztva a szerkezet:

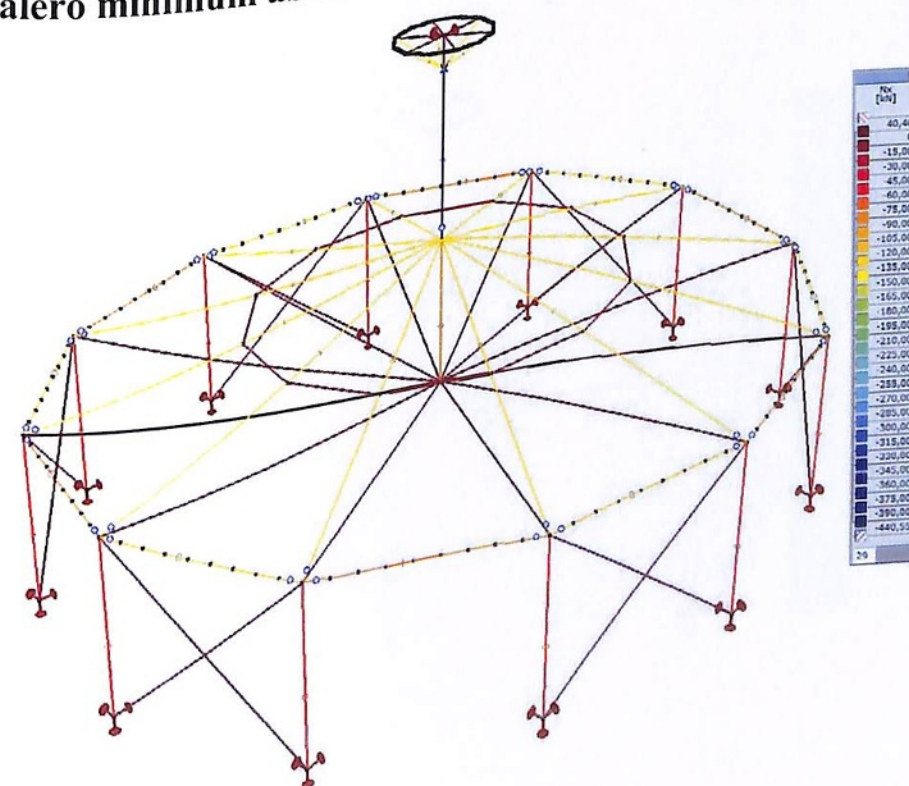


1. Felső perem
2. Felső sugárgyűrű
3. Felső nyomott rácsrúd
4. „Nagy” oszlop
5. Alsó nyomott rúd
6. Közbenső oldaltámasz
7. Alsó perem
8. Alsó húzott rúd
9. Merevtő szélrács
10. Tartóoszlopok

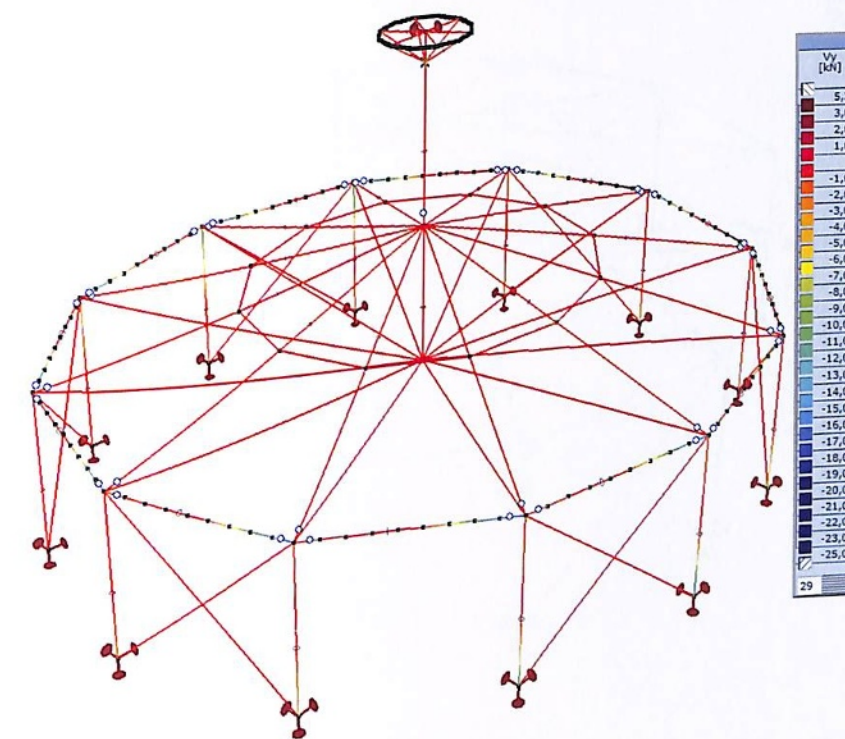
Normálerő maximum ábra



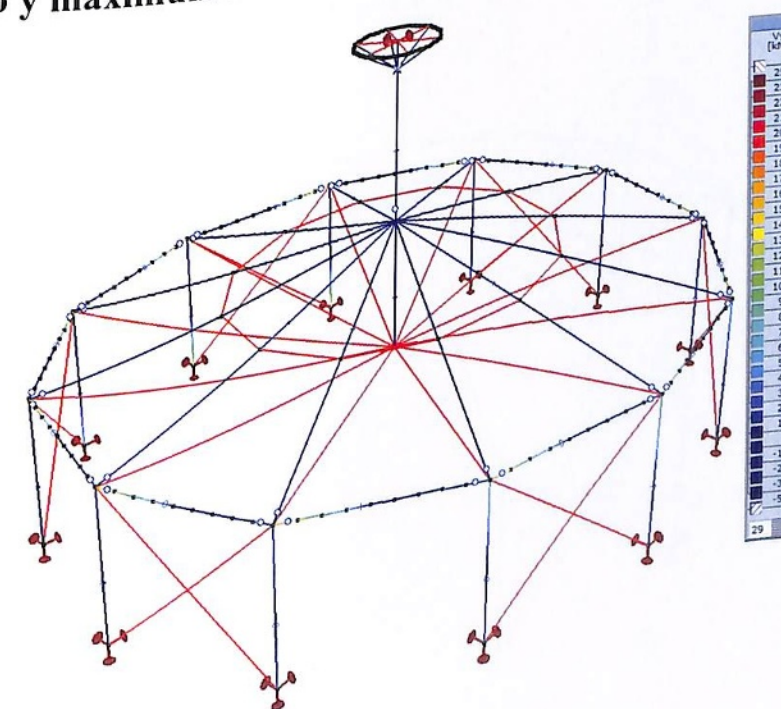
Normálerő minimum ábra



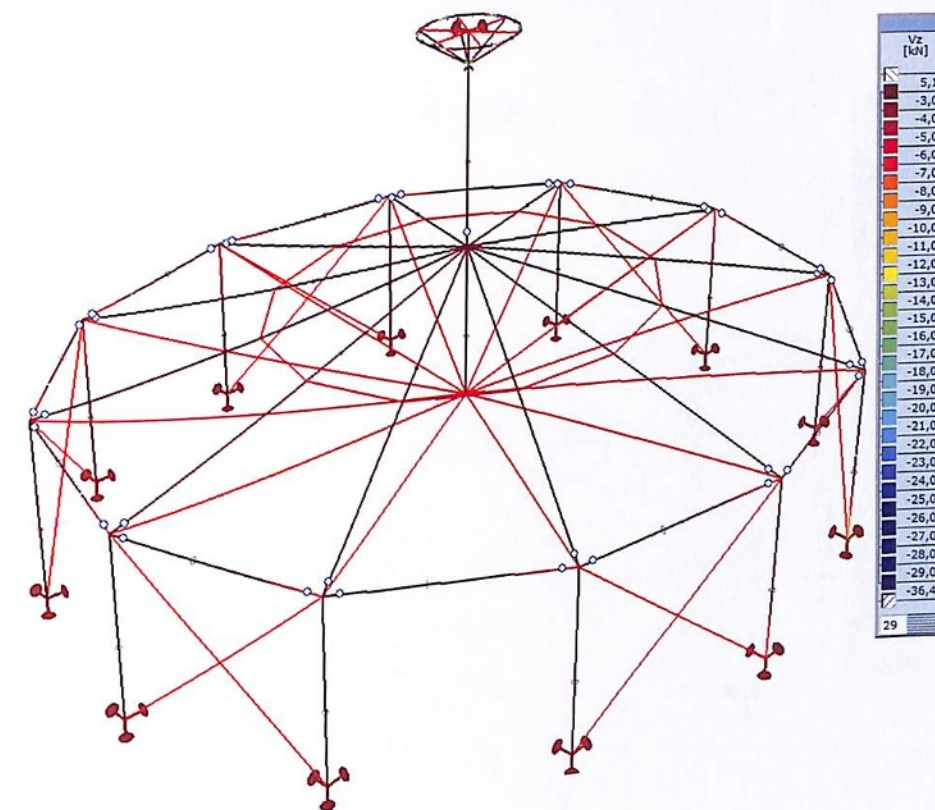
Nyíróerő y minimum ábra



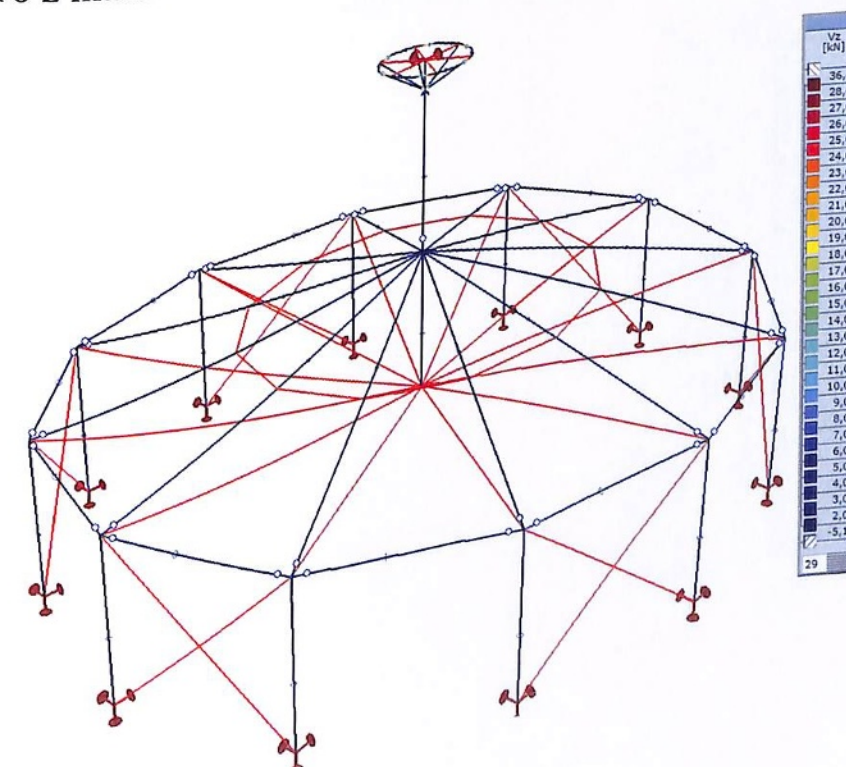
Nyíróerő y maximum ábra



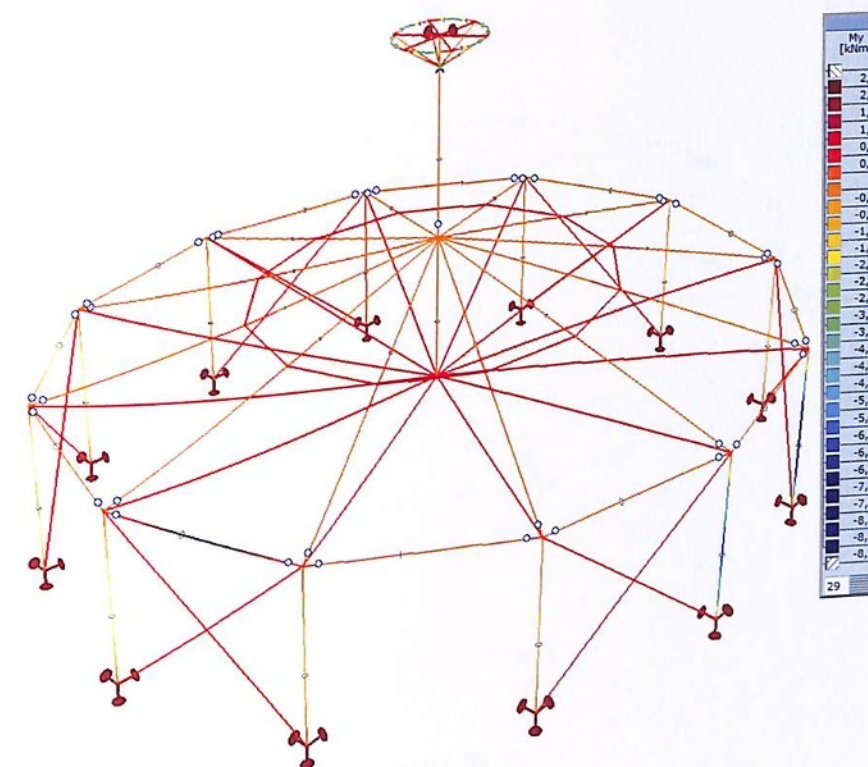
Nyíróerő z minimum ábra



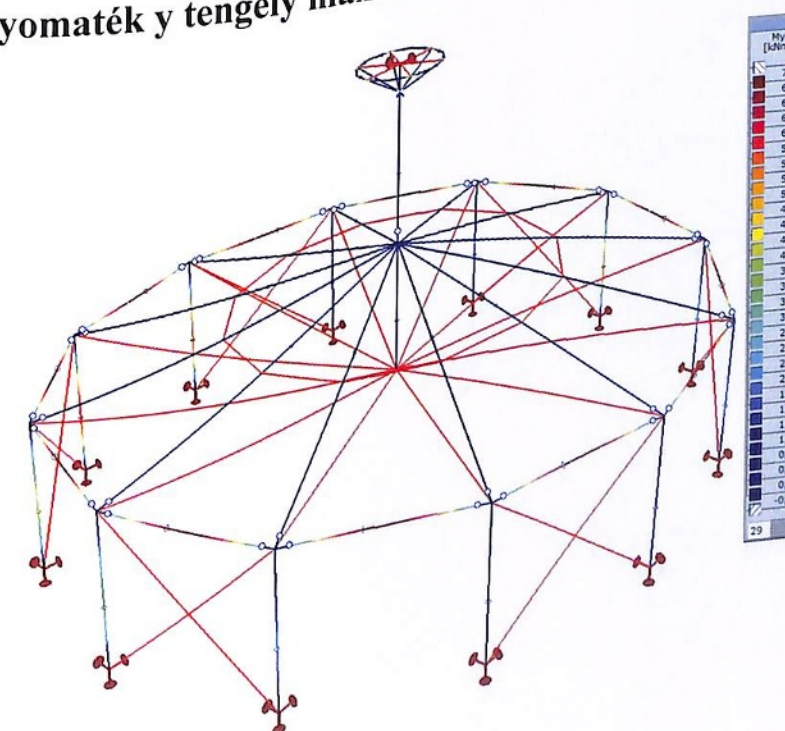
Nyíróerő z maximum ábra



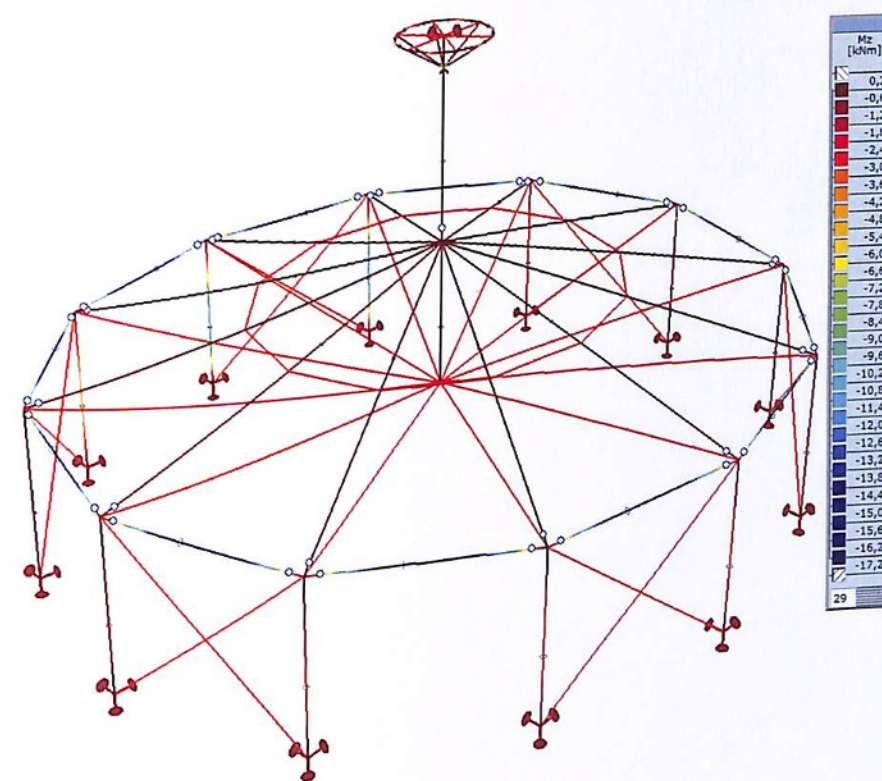
Hajlítónyomaték y tengely minimum



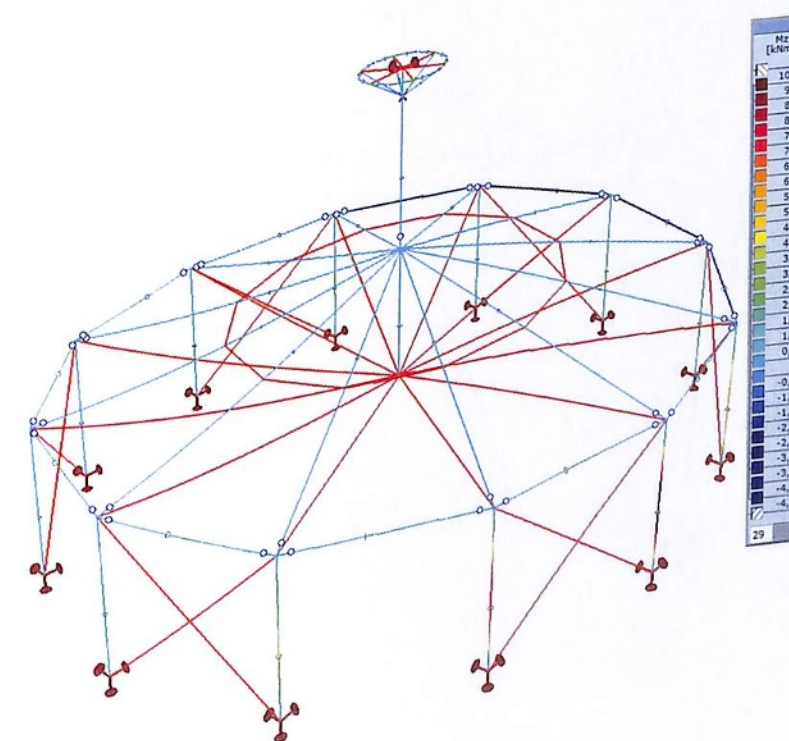
Hajlítónyomaték y tengely maximum



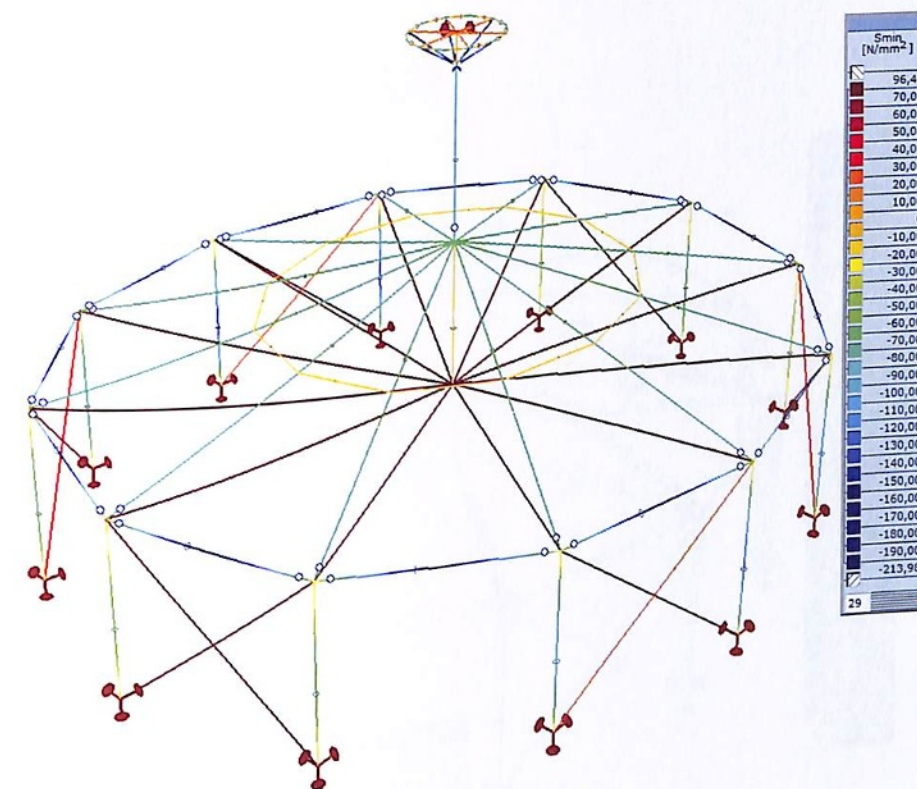
Hajlítónyomaték z tengely minimum



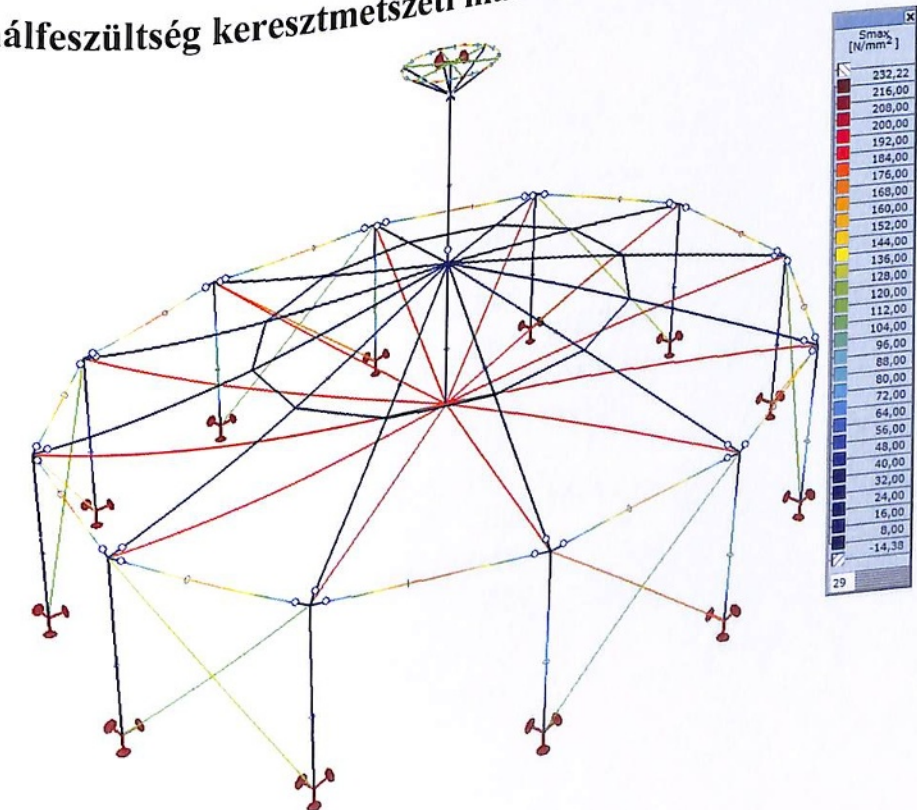
Hajlítónyomaték z tengely maximum



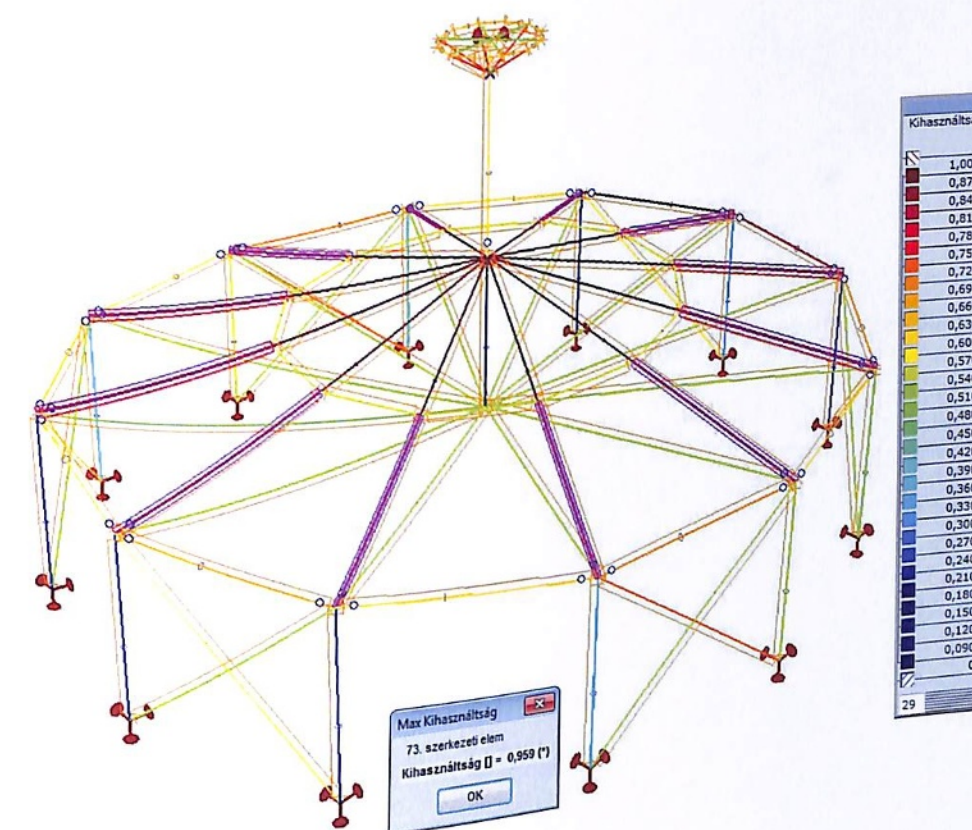
Normálfeszültség keresztmetszeti minimuma



Normálfeszültség keresztmetszeti maximuma



Rúdelem kihasználtság



Az optimalizálás után alkalmazott szelvényméretek:

- Felső perem
 - Felső sugárgyűrű
 - Felső nyomott rácsrúd
 - „Nagy” oszlop
 - Alsó nyomott rúd
 - Közbenső oldaltámasz
 - Alsó perem
 - Alsó húzott rúd
 - Merevtő szélrács
 - Tartóoszlopok
- O: 82,5x8
Téglalap STRIP 8x70
O: 82,5x8
O: 133x12
O 82,5x8
L60x30x5
O: 133x10
D20
D24
O121x10

Kézi ellenőrzés

Húzott alsó rúd ellenőrzése

Anyagminőség

$$S235 \quad f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

Szelvény

$$\text{Köracél 020}$$

$$A = 318,3 \text{ mm}^2$$

Igénybevételek

$$N_{ed} = 59,78 \text{ kN} \text{ (Szerkezeti állandó és esetleges tereiből illetve a feszítőerőből)}$$

$$V_{ed} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = 0 \text{ kNm}$$

Ellenőrzés normálerő

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M,0}}$$

$$A = 318,31 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M,0} = 1$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{318,31 * 235}{1} = 74803 \text{ N} = 74,80 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 * \frac{A * f_u}{\gamma_{M,2}}$$

$$A = 318,31 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M,2} = 1,25$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{318,31 * 360}{1,25} = 91673,28 \text{ N} = 91,67 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 74,80 \text{ kN} > N_{Ed} = 59,78 \text{ kN} \rightarrow \text{Megfelel!}$$

Szélső oszlopra hegesztett csomólemez ellenőrzése

Geometria:

Lyukkal gyengített keresztmetszeti terület:

Szelvény

125*12 az erővel szembeni gyengített keresztmetszet

$$A = 1500 \text{ mm}^2$$

Igénybevételek

$$N_{ed} = 59,78 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = 0 \text{ kNm}$$

Ellenőrzés normálerő

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M,0}}$$

$$A = 696,0 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M,0} = 1$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{1500 * 235}{1} = 352500 \text{ N} = 352,50 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 * \frac{A * f_u}{\gamma_{M,2}}$$

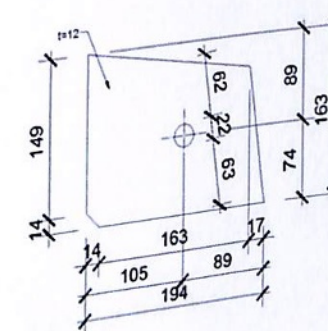
$$A = 1500 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M,2} = 1,25$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_u}{\gamma_{M,2}} = \frac{1500 * 360}{1,25} = 432000 \text{ N} = 432,0 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 352,5 \text{ kN} > N_{Ed} = 59,78 \text{ kN} \rightarrow \text{Megfelel!}$$



Húzott kétoldali varrat ellenőrzése

1 Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$$\begin{aligned} F_{Ed,II} &= 59,8 \text{ kN} & \text{Erő varrat irányban} \\ F_{Ed,I} &= 64,0 \text{ kN} & \text{Erő varratra merőlegesen} \end{aligned}$$

1.2 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$$\begin{aligned} Y_{M0} &= 1,00 \\ Y_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

1.3 Alkalmazott varrat

$$\begin{aligned} \text{Varrattípusa:} & \text{Sarokvarrat} \\ a' &= 5,0 \text{ mm} & \text{Varrat gyökmérete} \\ n &= 4 \text{ db} & \text{Varratok száma} \end{aligned}$$

1.4 Alkalmazott anyagok

$$\begin{aligned} \text{Anyagminőség:} & \text{S 235} \\ f_y &= 235,0 \text{ N/mm}^2 & \text{Alapanyag folyási feszültsége} \\ f_u &= 360,0 \text{ N/mm}^2 & \text{Alapanyag szakítószilárdsága} \\ \beta_w &= 0,8 & \text{Korrekciós tényező} \end{aligned}$$

1.5 Méretetek - Geometria

$$\begin{aligned} l_{eff} &= 70 \text{ mm} \\ l &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

2 Varrat ellenállása

2.1 Varrat ellenállása

Általános eljárás alapján

Varratfeszültségek:

$$\begin{aligned} t_{II} &= F_{Ed,II} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) & 42,7 \text{ N/mm}^2 & < & 0,9 \cdot f_u / Y_{M2} &= 259,2 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{\perp} &= F_{Ed,I} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) & 32,3 \text{ N/mm}^2 & < & f_u / (\beta_w \cdot Y_{M2}) &= 360,0 \text{ N/mm}^2 \\ t_{\perp} &= \sigma_{\perp} & 32,3 \text{ N/mm}^2 & < & & \\ \sigma_{red} &= \sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{II}^2 + t_{\perp}^2))} & 98,2 \text{ N/mm}^2 & < & & \end{aligned}$$

Nyomott „nagy” közbenső oszlop ellenőrzése

Anyagminőség

S235

$F_y = 235 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_{M,1} = 1$

$\epsilon = 1$

A nyomott rúd megfelelésének feltétele $N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$

Oszlop szelvénye:

O133x12

$h = b = 133 \text{ mm}$

$t = 12 \text{ mm}$

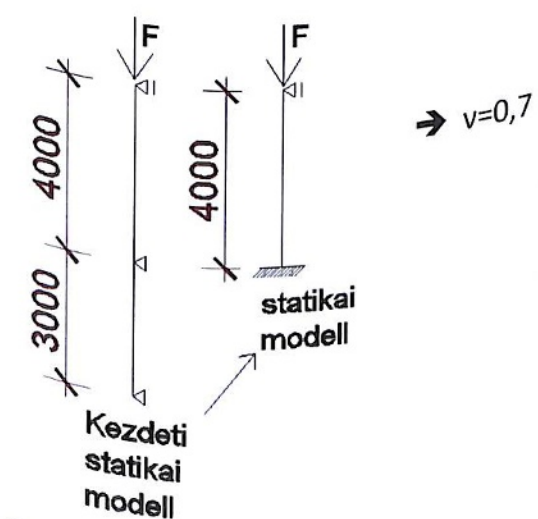
$A = 2315,21 \text{ mm}^2$

$I_y = 8409018,0 \text{ mm}^4$

$i_y = 43,0 \text{ mm}$

Keresztmetszet osztályba sorolása tiszta nyomásra
 $C/t = 133/12 = 11,1 < \epsilon * 33 \rightarrow 1. \text{ km osztály}$

Statikai modell



$F = N_{Ed} = -439,51 \text{ kN}$

Ellenőrzés tiszta nyomásra

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{Y_{M,0}} = \frac{2315 * 235}{1} = 544025 \text{ N} = 544,03 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{A * f_u}{Y_{M,2}} = \frac{2315 * 360}{1,25} = 666720 \text{ N} = 666,72 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,tiszta} = 544,03 \text{ kN}$$

Mindkét irányban azonos a statikai modell $\rightarrow v=0,7$ (befogási tényező)

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{v_y * l}{i_y} = \frac{0,7 * 4000}{43,0} = 65,15$$

$$\lambda_1 = 93,3 * \varepsilon = 93,3 * 1 = 93,3$$

$$\lambda' = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{65,15}{93,3} = 0,698 \rightarrow (a \text{ görbe})$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{0,6553 + \sqrt{0,6553^2 - 0,698^2}} = 0,925$$

$$\Phi = \frac{1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2}{2} = \frac{1 + 0,21 * (0,698 - 0,2) + 0,498^2}{2} = 0,6553$$

$$N_{Rd} = \chi * A * \frac{f_y}{Y_{M1}} = 0,925 * 2315 * \frac{235}{1} = 503164 \text{ N} = 503,16 \text{ kN} > N_{Ed}$$

$$= 445,29 \text{ kN}$$

Megfelel!

Előfeszítés

Alsó húzott rudak előfeszítése

Anyagminőség:

S323

$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$

Parciális biztonsági tényező:

$\gamma_{G, \text{sup}} = 1,25$

$\gamma_{G, \text{inf}} = 0,9$

A feszítőerő nagyságának megállapítása: alapanyag szakítószilárdság
biztonságtényezővel csökkentett értékének 45%-a.

$$\sigma_f = \frac{\gamma_{G, \text{sup}}}{\gamma_{G, \text{inf}}} * f_u 45\% = \frac{0,9}{1,25} * 360 * 0,45 = 116,78 \text{ N/mm}^2$$

Keresztmetszeti terület:

$\Phi 20 \quad A = 318 \text{ mm}^2$

$$F_f = \sigma_f * A = 116,78 * 318 = 38452 \text{ N} = 38,45 \text{ kN}$$

A merevítő szélrácsok feszítő erejének meghatározása azonos eljárással: $F = 45,0 \text{ kN}$

Csomóponti ellenőrzés

8-as és 10-es szelvény kapcsolatának ellenőrzése

A szélrács és a tartóoszlopok között húzott pengelemez kapcsolat kerül kialakítása.

A köracél és a pengelemez hegesztett kapcsolata

1 Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$F_{Ed, II} = 59,8 \text{ kN}$

$F_{Ed, I} = 0,0 \text{ kN}$

Erő varrat irányban
Erő varratra
merőlegesen

1.2 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$\gamma_{M0} = 1,00$
 $\gamma_{M2} = 1,25$

1.3 Alkalmazott varrat

Varrattípusa: Sarokvarrat

$a' = 3,0 \text{ mm}$ Varrat gyökmérete

$n = 4 \text{ db}$ Varratok száma

1.4 Alkalmazott anyagok

Anyagminőség: S 235

$f_y = 235,0 \text{ N/mm}^2$ Alapanyag folyási feszültsége

$f_u = 360,0 \text{ N/mm}^2$ Alapanyag szakítószilárdsága

$\beta_w = 0,8$ Korrekciós tényező

1.5 Méretek - Geometria

$l_{ef} = 60 \text{ mm}$

$l = 66 \text{ mm}$

2 Varrat ellenállása

2.1 Varrat ellenállása

Általános eljárás alapján

Varratfeszültségek:

$$t_{II} = F_{Ed,II} / (n \cdot a' \cdot l_{ef}) = 83,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = F_{Ed,\perp} / (n \cdot a' \cdot l_{ef}) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{II}^2 + t_{\perp}^2))} = 143,8 \text{ N/mm}^2$$

$$< 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 259,2 \text{ N/mm}^2 \text{ Megfelel}$$

$$< f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360,0 \text{ N/mm}^2 \text{ Megfelel}$$

A pengelemez és az oszlop hegesztett kapcsolata

1 Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$$F_{Ed,II} = 0,0 \text{ kN} \quad \text{Erő varrat irányban}$$

$$F_{Ed,I} = 59,8 \text{ kN} \quad \text{Erő varratra merőlegesen}$$

1.2 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

1.3 Alkalmazott varrat

$$\text{Varrattípusa: Sarokvarrat}$$

$$a' = 3,0 \text{ mm} \quad \text{Varrat gyökmérete}$$

$$n = 2 \text{ db} \quad \text{Varratok száma}$$

1.4 Alkalmazott anyagok

$$\text{Anyagminőség: S 235}$$

$$f_y = 235,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Alapanyag folyási feszültsége}$$

$$f_u = 360,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Alapanyag szakítószilárdsága}$$

$$\beta_w = 0,8 \quad \text{Korrekciós tényező}$$

1.5 Méretek - Geometria

$$l_{en} = 74 \text{ mm}$$

$$l = 80 \text{ mm}$$

2 Varrat ellenállása

2.1 Varrat ellenállása

Általános eljárás alapján
Varratfeszültségek:

$$t_{II} = F_{Ed,II} / (n \cdot a' \cdot l_{en}) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = F_{Ed,I} / (n \cdot a' \cdot l_{en}) = 95,2 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = \sigma_{\perp} = 95,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{II}^2 + t_{\perp}^2)} = 190,4 \text{ N/mm}^2$$

$$0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 259,2 \text{ N/mm}^2$$

$$f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360,0 \text{ N/mm}^2$$

MEGFELEL

A pengelemezek közötti csavaros kapcsolat ellenőrzése

1. Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$V_{Ed} = 59,8$ kN Rúdban lévő húzóerő-csavart nyírja
 $N_{Ed} = 0,0$ kN Rúdban lévő nyíróerő-csavart húzza

Sor szám 1 db
Oszlop szám 1 db
 $n = 1$ db Összes csavarszám

$F_{v,Ed} = 59,8$ kN Egy csavarra jutó nyíróerő
 $F_{t,Ed} = 0,0$ kN Egy csavarra jutó húzóerő

1.2 Alkalmazott csavar mérete

M20	$d =$	20	mm	- Csavar átmérő
	$d_0 =$	22	mm	- Furatátmérő
	$A =$	314	mm ²	- Keresztmetszeti terület
	$A_s =$	245	mm ²	- Húzási keresztmetszet
	$d_m =$	32,4	mm ²	- Átmérő kigombolódásnál

1.3 Alkalmazott anyagok

1.3.1 Csavar
Csavar: M20 Tövigmenetes csavar DIN933
8.8
 $f_{ud} = 800,0$ N/mm² Csavar anyagának szakítószilárdsága

1.3.2 Alapanyag
S 235
 $f_y = 235,0$ N/mm² Alapanyag folyási feszültsége
 $f_u = 360,0$ N/mm² Alapanyag szakítószilárdsága

1.4 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$\gamma_{M0} = 1,00$ $\gamma_{M3} = 1,25$
 $\gamma_{M1} = 1,00$ $\gamma_{M3,ser} = 1,10$
 $\gamma_{M2} = 1,25$

1.5 Méretek - Geometria

Alkalmazott:		Minimális távolságok			Ajánlott értékek		
e1=	40,0 mm	1,2d ₀ =	26,4 mm	2d ₀ =	44 mm		
e2=	40,0 mm	1,2d ₀ =	26,4 mm	1,5d ₀ =	33 mm		
p1=	80,0 mm	2,2d ₀ =	48,4 mm	3d ₀ =	66 mm		
p2=	80,0 mm	2,4d ₀ =	52,8 mm	3d ₀ =	66 mm		
t ₁ =	12,0 mm lemez- / övvastagságok						
t ₂ =	12,0 mm lemez- / övvastagságok						

2. Egy csavar ellenállása

2.1 Nyírt csavar ellenállása "A" osztályú NEM feszített csavar

2.1.1 A csavar nyírási ellenállása
 $n = 1$ - szeresen nyírt csavar (a nyírási síkok száma)
 $F_{v,Rd} = n \cdot 0,6 \cdot f_{ud} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 94,08$ kN

2.1.2 A csavar palástnyomási ellenállása
 $t_{mn} = 12$ mm Kisebb lemezvastagság
 $k_1 =$ szélső csavar esetén = 2,50
 $\min(2,8 \cdot e2/d0 - 1,7; 2,5)$
 $\alpha_s =$ szélső csavar esetén = 0,61
 $\min(e1/3d0; f_{ub}/f_u; 1,0)$
 $F_{d,Rd} = k_1 \cdot \alpha_s \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2} = 104,73$ kN

2.1.3 Ellenőrzés

Nyírásra:	$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} =$	63,56%	<	100%	Megfelel
Palástnyomásra:	$F_{d,Ed} / F_{d,Rd} =$	57,10%	<	100%	Megfelel

7-es és 10-es szelvény kapcsolatának ellenőrzése

Az alsó perem és a tartóoszlopok között húzott pengelemezes kapcsolat kerül kialakítása.

A csőszelvény és a pengelemez hegesztett kapcsolata

1 Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$$F_{Ed,II} = 129,7 \text{ kN} \quad \text{Erő varrat irányban}$$
$$F_{Ed,I} = 16,8 \text{ kN} \quad \text{Erő varratra merőlegesen}$$

1.2 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$$\gamma_{M0} = 1,00$$
$$\gamma_{M2} = 1,25$$

1.3 Alkalmazott varrat

Varrattípusa: Sarokvarrat

$$a' = 5,0 \text{ mm} \quad \text{Varrat gyökmérete}$$
$$n = 4 \text{ db} \quad \text{Varratok száma}$$

1.4 Alkalmazott anyagok

Anyagminőség: S 235

$$f_y = 235,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Alapanyag folyási feszültsége}$$
$$f_u = 360,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Alapanyag szakítószilárdsága}$$
$$\beta_w = 0,8 \quad \text{Korrektációs tényező}$$

1.5 Méretetek - Geometria

$$l_{eff} = 60 \text{ mm}$$
$$l = 70 \text{ mm}$$

2 Varrat ellenállása

2.1 Varrat ellenállása

Általános eljárás alapján

Varratfeszültségek:

$$t_{II} = F_{Ed,II} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) = 108,0 \text{ N/mm}^2$$
$$\sigma_{\perp} = F_{Ed,I} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) = 9,9 \text{ N/mm}^2 < 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 259,2 \text{ N/mm}^2$$
$$t_{\perp} = \sigma_{\perp} = 9,9 \text{ N/mm}^2$$
$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_{\perp})^2 + 3 \cdot (t_{II})^2} = 188,2 \text{ N/mm}^2 < f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360,0 \text{ N/mm}^2$$

Megfelel!

A pengelemez és a tartóoszlop hegesztett kapcsolata

1 Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$$F_{Ed,II} = 16,6 \text{ kN} \quad \text{Erő varrat irányban}$$
$$F_{Ed,I} = 129,7 \text{ kN} \quad \text{Erő varratra merőlegesen}$$

1.2 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$$\gamma_{M0} = 1,00$$
$$\gamma_{M2} = 1,25$$

1.3 Alkalmazott varrat

Varrattípusa: Sarokvarrat

$$a' = 3,0 \text{ mm} \quad \text{Varrat gyökmérete}$$
$$n = 2 \text{ db} \quad \text{Varratok száma}$$

1.4 Alkalmazott anyagok

Anyagminőség:

S 235

$$f_y = 235,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Alapanyag folyási feszültsége}$$
$$f_u = 360,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Alapanyag szakítószilárdsága}$$
$$\beta_w = 0,8 \quad \text{Korrekciós tényező}$$

1.5 Méretetek - Geometria

$$l_{eff} = 134 \text{ mm}$$
$$l = 140 \text{ mm}$$

2 Varrat ellenállása

2.1 Varrat ellenállása

Általános eljárás alapján

Varratfeszültségek:

$$t_{II} = F_{Ed,II} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) = 20,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = F_{Ed,I} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) = 114,0 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = \sigma_{\perp} = 114,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{II}^2 + t_{\perp}^2))} = 230,9 \text{ N/mm}^2$$

Megfelel!

$$< 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 259,2 \text{ N/mm}^2$$
$$< f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360,0 \text{ N/mm}^2$$

A pengelemez és a tartóoszlop hegesztett kapcsolata

1 Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$$\begin{aligned} F_{Ed,II} &= 16,6 \text{ kN} & \text{Erő varrat irányban} \\ F_{Ed,I} &= 129,7 \text{ kN} & \text{Erő varratra merőlegesen} \end{aligned}$$

1.2 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$$\begin{aligned} \gamma_{M0} &= 1,00 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

1.3 Alkalmazott varrat

$$\begin{aligned} \text{Varrattípusa:} & \text{ Sarokvarrat} \\ a' &= 3,0 \text{ mm} & \text{Varrat gyökmérete} \\ n &= 2 \text{ db} & \text{Varratok száma} \end{aligned}$$

1.4 Alkalmazott anyagok

$$\begin{aligned} \text{Anyagminőség:} & \text{ S 235} \\ f_y &= 235,0 \text{ N/mm}^2 & \text{Alapanyag folyási feszültsége} \\ f_u &= 360,0 \text{ N/mm}^2 & \text{Alapanyag szakítószilárdsága} \\ \beta_w &= 0,8 & \text{Korrekciós tényező} \end{aligned}$$

1.5 Méretetek - Geometria

$$\begin{aligned} l_{eff} &= 134 \text{ mm} \\ l &= 140 \text{ mm} \end{aligned}$$

2 Varrat ellenállása

2.1 Varrat ellenállása

Általános eljárás alapján

Varratfeszültségek:

$$\begin{aligned} t_{II} &= F_{Ed,II} / (n \cdot a \cdot l_{eff}) = 20,6 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{\perp} &= F_{Ed,I} / (n \cdot a \cdot l_{eff}) = 114,0 \text{ N/mm}^2 & < & 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 259,2 \text{ N/mm}^2 \\ t_{\perp} &= \sigma_{\perp} = 114,0 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{red} &= \sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{II}^2 + t_{\perp}^2))} = 230,9 \text{ N/mm}^2 & < & f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360,0 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Megfelel!

A pengelemezek közötti csavaros kapcsolat ellenőrzése

1. Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$V_{Ed} = 129,7$ kN Rúdban lévő húzóerő-csavar nyírja
 $N_{Ed} = 16,8$ kN Rúdban lévő nyíróerő-csavar húzza

Sor szám 2 db
Oszlop szám 2 db
 $n = 4$ db Összes csavarszám

$F_{v,Ed} = 32,4$ kN Egy csavarra jutó nyíróerő
 $F_{t,Ed} = 4,2$ kN Egy csavarra jutó húzóerő

1.2 Alkalmazott csavar mérete

M16	$d =$	16	mm	- Csavar átmérő
	$d_0 =$	18	mm	- Furatátmérő
	$A =$	201	mm ²	- Keresztmetszeti terület
	$A_s =$	157	mm ²	- Húzási keresztmetszet
	$d_m =$	24,6	mm	- Átmérő kigombolódásánál

1.3 Alkalmazott anyagok

1.3.1 Csavar
Csavar: M16 Tövigmenetes csavar DIN933
8.8 $f_{ub} = 800,0$ N/mm² Csavar anyagának szakítószilárdsága

1.3.2 Alapanyag

S 235
 $f_y = 235,0$ N/mm² Alapanyag folyási feszültsége
 $f_u = 360,0$ N/mm² Alapanyag szakítószilárdsága

1.4 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$\gamma_{M0} = 1,00$
 $\gamma_{M1} = 1,00$
 $\gamma_{M2} = 1,25$
 $\gamma_{M3} = 1,25$
 $\gamma_{M3,ser} = 1,10$

1.5 Méretek - Geometria

Alkalmazott:

$e_1 = 40,0$ mm
 $e_2 = 40,0$ mm
 $p_1 = 60,0$ mm
 $p_2 = 60,0$ mm

Minimális távolságok			Ajánlott értékek	
$1,2d_0 =$	21,6	mm	$2d_0 =$	36 mm
$1,2d_0 =$	21,6	mm	$1,5d_0 =$	27 mm
$2,2d_0 =$	39,6	mm	$3d_0 =$	54 mm
$2,4d_0 =$	43,2	mm	$3d_0 =$	54 mm

$t_1 = 12,0$ mm lemez- / övvastagságok
 $t_2 = 12,0$ mm lemez- / övvastagságok

2. Egy csavar ellenállása

2.1 Nyírt csavar ellenállása "A" osztályú NEM feszített csavar

2.1.1 A csavar nyírási ellenállása

$n = 2$ - szeresen nyírt csavar (a nyírási síkok száma)

$$F_{v,Rd} = n \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 120,58 \text{ kN}$$

2.1.2 A csavar palástnyomási ellenállása

$t_{mn} = 12 \text{ mm}$ Kisebb lemezvastagság

$k_1 =$ szélső csavar esetén = 2,50

$\min(2,8 \cdot e_2/d_0 - 1,7; 2,5)$

$\alpha_b =$ szélső csavar esetén = 0,74

$\min(e_1/3d_0; f_{ub}/f_u; 1,0)$

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_{mn} / \gamma_{M2} = 102,40 \text{ kN}$$

2.1.3 Ellenőrzés

Nyírásra:	$F_{v,Ed}/F_{v,Rd} =$	26,89%	<	100%	Megfelel
Palástnyomásra:	$F_{v,Ed}/F_{b,Rd} =$	31,67%	<	100%	Megfelel

2.2 Húzott csavar ellenállása "D" osztályú csavarok

2.2.1 A csavar húzási ellenállása

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 180,86 \text{ kN}$$

2.2.2 A csavar-lemez együttes kigombolódási ellenállása

$t_p = 12 \text{ mm}$ a kisebbik lemezvastagság

$$B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u / \gamma_{M2} = 160,25 \text{ kN}$$

2.2.3 Ellenőrzés

Húzásra	$F_{t,Ed}/F_{t,Rd} =$	2,32%	<	100%	Megfelel
Kigombolódásra	$F_{t,Ed}/B_{p,Rd} =$	2,62%	<	100%	Megfelel

2.3 Húzott és Nyírt csavar ellenállása "AD" osztályú csavarok

2.3.1 Ellenőrzés

$F_{v,Ed}/F_{v,Rd} + F_{t,Ed}/(1,4 \cdot F_{t,Rd}) =$	28,55%	<	100%	Megfelel
---	--------	---	------	----------

9-es és 10-es szelvény kapcsolatának ellenőrzése

A merevtő szélrács és a tartóoszlopok között húzott pengelemezes kapcsolat kerül kialakítása.

A körszelvény és a pengelemez hegesztett kapcsolata

1 Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$$F_{Ed,II} = 78,1 \text{ kN} \quad \text{Erő varrat irányban}$$
$$F_{Ed,I} = 0,0 \text{ kN} \quad \text{Erő varratra merőlegesen}$$

1.2 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$$\gamma_{M0} = 1,00$$
$$\gamma_{M2} = 1,25$$

1.3 Alkalmazott varrat

$$\text{Varrattípusa: Sarokvarrat}$$
$$a' = 5,0 \text{ mm} \quad \text{Varrat gyökmérete}$$
$$n = 4 \text{ db} \quad \text{Varratok száma}$$

1.4 Alkalmazott anyagok

$$\text{Anyagminőség: S 235}$$
$$f_y = 235,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Alapanyag folyási feszültsége}$$
$$f_u = 360,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Alapanyag szakítószilárdsága}$$
$$\beta_w = 0,8 \quad \text{Korrektációs tényező}$$

1.5 Méretetek - Geometria

$$l_{eff} = 60 \text{ mm}$$
$$l = 70 \text{ mm}$$

2 Varrat ellenállása

2.1 Varrat ellenállása

Általános eljárás alapján

Varratfeszültségek:

$$t_{II} = F_{Ed,II} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) = 65,1 \text{ N/mm}^2$$
$$\sigma_{\perp} = F_{Ed,I} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$
$$t_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$

$$< 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 259,2 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{II}^2 + t_{\perp}^2))} = 112,7 \text{ N/mm}^2 < f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

A pengelemez és tartóoszlop hegesztett kapcsolata

1 Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$$\begin{aligned} F_{Ed,II} &= 0,0 \text{ kN} & \text{Erő varrat irányban} \\ F_{Ed,I} &= 78,1 \text{ kN} & \text{Erő varratra merőlegesen} \end{aligned}$$

1.2 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$$\begin{aligned} \gamma_{M0} &= 1,00 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

1.3 Alkalmazott varrat

$$\begin{aligned} \text{Varrattípusa:} & \text{Sarokvarrat} \\ a' &= 3,0 \text{ mm} & \text{Varrat gyökmérete} \\ n &= 2 \text{ db} & \text{Varratok száma} \end{aligned}$$

1.4 Alkalmazott anyagok

$$\begin{aligned} \text{Anyagminőség:} & \text{S 235} \\ f_y &= 235,0 \text{ N/mm}^2 & \text{Alapanyag folyási feszültsége} \\ f_u &= 360,0 \text{ N/mm}^2 & \text{Alapanyag szakítószilárdsága} \\ \beta_w &= 0,8 & \text{Korrekciós tényező} \end{aligned}$$

1.5 Méretetek - Geometria

$$\begin{aligned} l_{eff} &= 223 \text{ mm} \\ l &= 229 \text{ mm} \end{aligned}$$

2 Varrat ellenállása

2.1 Varrat ellenállása

Általános eljárás alapján
Varratfeszültségek:

$$\begin{aligned} t_{II} &= F_{Ed,II} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) & 0,0 \text{ N/mm}^2 & < & 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} &= 259,2 \text{ N/mm}^2 & \text{OK} \\ \sigma_{\perp} &= F_{Ed,I} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) & 41,3 \text{ N/mm}^2 & & & & \\ t_{\perp} &= \sigma_{\perp} & 41,3 \text{ N/mm}^2 & < & f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) &= 360,0 \text{ N/mm}^2 & \text{OK} \\ \sigma_{red} &= \sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{II}^2 + t_{\perp}^2))} & 82,5 \text{ N/mm}^2 & & & & \end{aligned}$$

A pengelemezek közötti csavaros kapcsolat ellenőrzése

1. Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$V_{Ed} = 78,1$ kN Rúdban lévő húzóerő-csavar nyírja
 $N_{Ed} = 0,0$ kN Rúdban lévő nyíróerő-csavar húzza

Sor szám 1 db
Oszlop szám 2 db
 $n = 2$ db Összes csavarszám

$F_{v,Ed} = 39,0$ kN Egy csavarra jutó nyíróerő
 $F_{t,Ed} = 0,0$ kN Egy csavarra jutó húzóerő

1.2 Alkalmazott csavar mérete

M16	$d = 16$ mm	- Csavar átmérő
	$d_g = 18$ mm	- Furatátmérő
	$A = 201$ mm ²	- Keresztmetszeti terület
	$A_s = 157$ mm ²	- Húzási keresztmetszet
	$d_m = 24,6$ mm	- Átmérő kigombolódásnál

1.3 Alkalmazott anyagok

1.3.1 Csavar: Csavar: M16 Tövigmenetes csavar DIN933
8.8 $f_{td} = 600,0$ N/mm² Csavar anyagának szakítószilárdsága

1.3.2 Alapanyag

S 235 $f_y = 235,0$ N/mm² Alapanyag folyási feszültsége
 $f_u = 360,0$ N/mm² Alapanyag szakítószilárdsága

1.4 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$\gamma_{M0} = 1,00$ $\gamma_{M3} = 1,25$
 $\gamma_{M1} = 1,00$ $\gamma_{M2,ser} = 1,10$
 $\gamma_{M2} = 1,25$

1.5 Méretek - Geometria

Alkalmazott:

$e_1 = 40,0$ mm
 $e_2 = 40,0$ mm
 $p_1 = 60,0$ mm
 $p_2 = 60,0$ mm

Minimális távolságok		Ajánlott értékek	
$1,2d_g = 21,6$ mm		$2d_g = 36$ mm	
$1,2d_g = 21,6$ mm		$1,5d_g = 27$ mm	
$2,2d_g = 39,6$ mm		$3d_g = 54$ mm	
$2,4d_g = 43,2$ mm		$3d_g = 54$ mm	

$t_1 = 12,0$ mm lemez- / örvvastagságok
 $t_2 = 12,0$ mm lemez- / örvvastagságok

2. Egy csavar ellenállása

2.1 Nyírt csavar ellenállása "A" osztályú NEM feszített csavar

2.1.1 A csavar nyírási ellenállása
 $n = 2$ - szeresen nyírt csavar (a nyírási síkok száma)
 $F_{v,Rd} = n \cdot 0,6 \cdot f_{td} \cdot A_s \cdot \gamma_{M2} = 120,58$ kN

2.1.2 A csavar palástnyomási ellenállása
 $t_{min} = 12$ mm Kisebb lemezvastagság
 $k_1 =$ szélső csavar esetén = 2,50
 $\min(2,8 \cdot e_2 / d_0 - 1,7; 2,5)$
 $\alpha_b =$ szélső csavar esetén = 0,74
 $\min(e_1 / 3d_0; f_{ub} / f_u; 1,0)$
 $F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d^2 \cdot \gamma_{M2} = 102,40$ kN

2.1.3 Ellenőrzés

Nyírási:	$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} = 32,38\%$	< 100%	Megfelel
Palástnyomás:	$F_{t,Ed} / F_{b,Rd} = 38,13\%$	< 100%	Megfelel

3-mas és 10-es szelvény kapcsolatának ellenőrzése

A nyomott alsó rúd és a tartóoszlopok között nyomott pengelemezes kapcsolat kerül kialakítása.

A körszelvény és a pengelemez hegesztett kapcsolata

1 Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$$F_{Ed,II} = -126,5 \text{ kN} \quad \text{Erő varrat irányban}$$
$$F_{Ed,I} = 0,0 \text{ kN} \quad \text{Erő varratra merőlegesen}$$

1.2 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$$\gamma_{M0} = 1,00$$
$$\gamma_{M2} = 1,25$$

1.3 Alkalmazott varrat

Varrattípusa: Sarokvarrat

$$a' = 3,0 \text{ mm} \quad \text{Varrat gyökmérete}$$
$$a = 4,2 \text{ mm} \quad \text{Varrat}$$
$$n = 4 \text{ db} \quad \text{Varratok száma}$$

1.4 Alkalmazott anyagok

Anyagminőség: S 235

$$f_y = 235,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Alapanyag folyási feszültsége}$$
$$f_u = 360,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Alapanyag szakítószilárdsága}$$
$$\beta_w = 0,8 \quad \text{Korrekciós tényező}$$

1.5 Méretetek - Geometria

$$l_{eff} = 60 \text{ mm}$$
$$l = 66 \text{ mm}$$

2 Varrat ellenállása

2.1 Varrat ellenállása

Általános eljárás alapján
Varratfeszültségek:

$$t_{II} = F_{Ed,II} / (n \cdot a \cdot l_{eff}) = 175,7 \text{ N/mm}^2$$
$$\sigma_{\perp} = F_{Ed,I} / (n \cdot a \cdot l_{eff}) = 0,0 \text{ N/mm}^2$$
$$t_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0,0 \text{ N/mm}^2$$
$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{II}^2 + t_{\perp}^2))} = 304,3 \text{ N/mm}^2$$
$$0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 259,2 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$
$$f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

A pengelemez és a tartóoszlop hegesztett kapcsolata

1 Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$$\begin{aligned} F_{Ed,II} &= 0,0 \text{ kN} & \text{Erő varrat irányban} \\ F_{Ed,I} &= 126,5 \text{ kN} & \text{Erő varratra merőlegesen} \end{aligned}$$

1.2 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$$\begin{aligned} \gamma_{M0} &= 1,00 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

1.3 Alkalmazott varrat

$$\begin{aligned} \text{Varrattípusa:} & \text{Sarokvarrat} \\ a' &= 3,0 \text{ mm} & \text{Varrat gyökmérete} \\ n &= 2 \text{ db} & \text{Varratok száma} \end{aligned}$$

1.4 Alkalmazott anyagok

$$\begin{aligned} \text{Anyagminőség:} & \text{S 235} \\ f_y &= 235,0 \text{ N/mm}^2 & \text{Alapanyag folyási feszültsége} \\ f_u &= 360,0 \text{ N/mm}^2 & \text{Alapanyag szakítószilárdsága} \\ \beta_w &= 0,8 & \text{Korrekciós tényező} \end{aligned}$$

1.5 Méretetek - Geometria

$$\begin{aligned} l_{eff} &= 84 \text{ mm} \\ l &= 90 \text{ mm} \end{aligned}$$

2 Varrat ellenállása

2.1 Varrat ellenállása

Általános eljárás alapján
Varratfeszültségek:

$$\begin{aligned} t_{II} &= F_{Ed,II} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) = 0,0 \text{ N/mm}^2 & < & 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 259,2 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK} \\ \sigma_{\perp} &= F_{Ed,I} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) = 177,5 \text{ N/mm}^2 & < & f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK} \\ t_{\perp} &= \sigma_{\perp} = 177,5 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{red} &= \sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{II}^2 + t_{\perp}^2))} = 355,0 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

A pengelemezek közötti csavaros kapcsolat ellenőrzése

1. Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$V_{Ed} = 126,5$ kN Rúdban lévő húzóerő-csavar nyírja
 $N_{Ed} = 0,0$ kN Rúdban lévő nyíróerő-csavar húzza

Sor szám 1 db
Oszlop szám 2 db
 $n = 2$ db Összes csavarszám

$F_{v,Ed} = 63,3$ kN Egy csavarra jutó nyíróerő
 $F_{t,Ed} = 0,0$ kN Egy csavarra jutó húzóerő

1.2 Alkalmazott csavar mérete

M16	$d = 16$ mm	- Csavar átmérő
	$d_s = 18$ mm	- Furatátmérő
	$A = 201$ mm ²	- Keresztmetszeti terület
	$A_s = 157$ mm ²	- Húzási keresztmetszet
	$d_n = 24,8$ mm	- Átmérő kigombolódásánál

1.3 Alkalmazott anyagok

1.3.1 Csavar: Csavar: M16 Tövigmentes csavar DIN833
8.8 $f_{t,b} = 800,0$ N/mm² Csavar anyagának szakítószilárdsága

1.3.2 Alapanyag: S 235 $f_y = 235,0$ N/mm² Alapanyag folyási feszültsége
 $f_t = 360,0$ N/mm² Alapanyag szakítószilárdsága

1.4 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$\gamma_{M2} = 1,00$	$\gamma_{M3} = 1,25$
$\gamma_{M1} = 1,00$	$\gamma_{M3,1st} = 1,10$
$\gamma_{M2} = 1,25$	

1.5 Méretek - Geometria

Alkalmazott:
 $e1 = 40,0$ mm
 $e2 = 40,0$ mm
 $p1 = 60,0$ mm
 $p2 = 60,0$ mm

Minimális távolságok	Ajánlott értékek
$1,2d_s = 21,6$ mm	$2d_s = 36$ mm
$1,2d_s = 21,6$ mm	$1,5d_s = 27$ mm
$2,2d_s = 39,6$ mm	$3d_s = 54$ mm
$2,4d_s = 43,2$ mm	$3d_s = 54$ mm

$t_1 = 10,0$ mm lemez- / örvvastagságok
 $t_2 = 10,0$ mm lemez- / örvvastagságok

2. Egy csavar ellenállása

2.1 Nyírt csavar ellenállása "A" osztályú NEM feszített csavar

2.1.1 A csavar nyírási ellenállása
 $n = 2$ - az erecen nyírt csavar (a nyírási ciklok száma)
 $F_{v,Rd} = n \cdot 0,6 \cdot f_{t,b} \cdot A_s \cdot \gamma_{M2} = 120,58$ kN

2.1.2 A csavar palástnyomási ellenállása
 $t_{eff} = 10$ mm Kisebb lemezvastagság
 $k_1 =$ szélső csavar esetén = 2,50
 $\min(2,8 \cdot e2/d0 - 1,7; 2,5)$

$\alpha_s =$ szélső csavar esetén = 0,74
 $\min(e1/3d0; f_{ub}/f_{t,b}; 1,0)$

$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_s \cdot f_{t,b} \cdot d \cdot \gamma_{M2} = 85,33$ kN

2.1.3 Ellenőrzés	Nyírásra: $F_{v,Ed}/F_{v,Rd} = 52,46\%$	< 100%	Megfelel
	Palástnyomásra: $F_{t,Ed}/F_{b,Rd} = 74,12\%$	< 100%	Megfelel

8-as és 4-es szelvény kapcsolatának ellenőrzése

A húzott rúd és a közbenső oszlop között húzott pengelemez kapcsolat kerül kialakítása.

A köracél és a pengelemez hegesztett kapcsolata

1 Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$$\begin{aligned} F_{Ed,II} &= 59,8 \text{ kN} & \text{Erő varrat irányban} \\ F_{Ed,I} &= 0,0 \text{ kN} & \text{Erő varratra merőlegesen} \end{aligned}$$

1.2 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$$\begin{aligned} \gamma_{M0} &= 1,00 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

1.3 Alkalmazott varrat

$$\begin{aligned} \text{Varrattípusa:} & \text{Sarokvarrat} \\ a' &= 3,0 \text{ mm} & \text{Varrat gyökmérete} \\ a &= 4,2 \text{ mm} & \text{Varrat} \\ n &= 4 \text{ db} & \text{Varratok száma} \end{aligned}$$

1.4 Alkalmazott anyagok

$$\begin{aligned} \text{Anyagminőség:} & \text{S 235} \\ f_y &= 235,0 \text{ N/mm}^2 & \text{Alapanyag folyási feszültsége} \\ f_u &= 360,0 \text{ N/mm}^2 & \text{Alapanyag szakítószilárdsága} \\ \beta_w &= 0,8 & \text{Korrektív tényező} \end{aligned}$$

1.5 Méretek - Geometria

$$\begin{aligned} l_{eff} &= 60 \text{ mm} \\ l &= 66 \text{ mm} \end{aligned}$$

2 Varrat ellenállása

2.1 Varrat ellenállása

Általános eljárás alapján
Varratfeszültségek:

$$\begin{aligned} t_{II} &= F_{Ed,II} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) = 83,0 \text{ N/mm}^2 & < 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 259,2 \text{ N/mm}^2 & \text{OK} \\ \sigma_{\perp} &= F_{Ed,I} / (n \cdot a \cdot l_{eff}) = 0,0 \text{ N/mm}^2 \\ t_{\perp} &= \sigma_{\perp} = 0,0 \text{ N/mm}^2 & < f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360,0 \text{ N/mm}^2 & \text{OK} \\ \sigma_{red} &= \sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{II}^2 + t_{\perp}^2))} = 143,8 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

A pengelemez és az oszlop hegesztett kapcsolata

1 Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$$\begin{aligned} F_{Ed,II} &= 0,0 \text{ kN} & \text{Erő varrat irányban} \\ F_{Ed,I} &= 59,8 \text{ kN} & \text{Erő varratra merőlegesen} \end{aligned}$$

1.2 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$$\begin{aligned} \gamma_{M0} &= 1,00 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

1.3 Alkalmazott varrat

$$\begin{aligned} \text{Varrattípusa:} & \text{Sarokvarrat} \\ a' &= 3,0 \text{ mm} & \text{Varrat gyökmérete} \\ n &= 2 \text{ db} & \text{Varratok száma} \end{aligned}$$

1.4 Alkalmazott anyagok

$$\begin{aligned} \text{Anyagminőség:} & \text{S 235} \\ f_y &= 235,0 \text{ N/mm}^2 & \text{Alapanyag folyási feszültsége} \\ f_u &= 360,0 \text{ N/mm}^2 & \text{Alapanyag szakítószilárdsága} \\ \beta_w &= 0,8 & \text{Korrektív tényező} \end{aligned}$$

1.5 Méretetek - Geometria

$$\begin{aligned} l_{eff} &= 74 \text{ mm} \\ l &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

2 Varrat ellenállása

2.1 Varrat ellenállása

Általános eljárás alapján
Varratfeszültségek:

$$\begin{aligned} t_{II} &= F_{Ed,II} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) = 0,0 \text{ N/mm}^2 & < & 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 259,2 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK} \\ \sigma_{\perp} &= F_{Ed,I} / (n \cdot a' \cdot l_{eff}) = 95,2 \text{ N/mm}^2 \\ t_{\perp} &= \sigma_{\perp} = 95,2 \text{ N/mm}^2 & < & f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK} \\ \sigma_{red} &= \sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (t_{II}^2 + t_{\perp}^2))} = 190,4 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

A pengelemezek közötti csavaros kapcsolat ellenőrzése

1. Kiindulási adatok

1.1 Igénybevételek:

$V_{Ed} = 59,8$ kN Rúdban lévő húzóerő-csavar nyírja
 $N_{Ed} = 0,0$ kN Rúdban lévő nyíróerő-csavar húzza

Sor szám 1 db
Oszlop szám 1 db
 $n = 1$ db Összes csavarszám

$F_{v,Ed} = 59,8$ kN Egy csavarra jutó nyíróerő
 $F_{t,Ed} = 0,0$ kN Egy csavarra jutó húzóerő

1.2 Alkalmazott csavar mérete

M20	$d = 20$ mm	Csavar átmérő
	$d_g = 22$ mm	Furatátmérő
	$A = 314$ mm ²	Keresztmetszeti terület
	$A_s = 245$ mm ²	Húzási keresztmetszet
	$d_m = 32,4$ mm	Átmérő kigombolódásnál

1.3 Alkalmazott anyagok

1.3.1 Csavar: Csavar: M20 Tövigmenetes csavar DIN933
8.8 $f_{ub} = 800,0$ N/mm² Csavar anyagának szakítószilárdsága

1.3.2 Alapanyag: S 235
 $f_y = 235,0$ N/mm² Alapanyag folyási feszültsége
 $f_u = 360,0$ N/mm² Alapanyag szakítószilárdsága

1.4 Parciális biztonsági tényezők az ellenállások számításához

$\gamma_{M0} = 1,00$
 $\gamma_{M1} = 1,00$
 $\gamma_{M2} = 1,25$
 $\gamma_{M3} = 1,25$
 $\gamma_{M3,ser} = 1,10$

1.5 Méretek - Geometria

Alkalmazott:
 $e_1 = 40,0$ mm
 $e_2 = 40,0$ mm
 $p_1 = 80,0$ mm
 $p_2 = 80,0$ mm

$t_1 = 12,0$ mm lemez- / ötvastagságok
 $t_2 = 12,0$ mm lemez- / ötvastagságok

Minimális távolságok		Ajánlott értékek	
$1,2d_g = 26,4$ mm	$2d_g = 44$ mm	$1,5d_g = 33$ mm	
$1,2d_g = 26,4$ mm	$1,5d_g = 33$ mm	$3d_g = 66$ mm	
$2,2d_g = 48,4$ mm	$3d_g = 66$ mm	$3d_g = 66$ mm	
$2,4d_g = 52,8$ mm			

2. Egy csavar ellenállása

2.1 Nyírt csavar ellenállása "A" osztályú NEM feszített csavar

2.1.1 A csavar nyírási ellenállása
 $n = 1$ - szeresen nyírt csavar (a nyírási síkok száma)
 $F_{v,Rd} = n \cdot 0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s \cdot \gamma_{M2} = 94,08$ kN

2.1.2 A csavar palástnyomási ellenállása
 $t_{min} = 12$ mm Kisebb lemeztvastagság
 $k_1 =$ széles csavar esetén = 2,50
 $\min(2,8 \cdot e_2 / d_0 - 1,7; 2,5)$

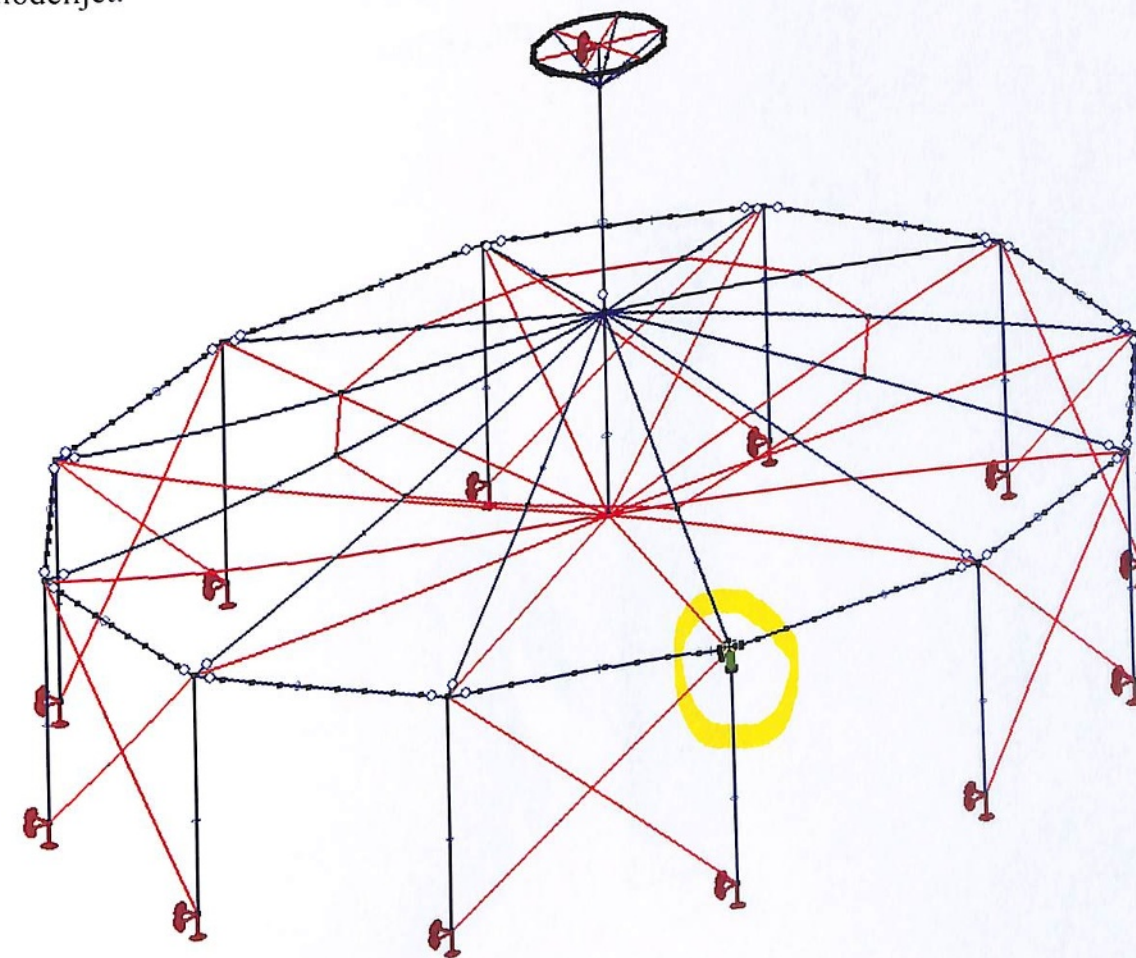
$\alpha_s =$ széles csavar esetén = 0,61
 $\min(e_1 / 3d_0; f_{ub} / f_u; 1,0)$
 $F_{p,Rd} = k_1 \cdot \alpha_s \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2} = 104,73$ kN

2.1.3 Ellenőrzés	Nyírási: $F_{v,Ed} / F_{v,Rd} = 63,56\%$	< 100%	Megfelel
	Palástnyomásra: $F_{p,Ed} / F_{p,Rd} = 57,10\%$	< 100%	Megfelel

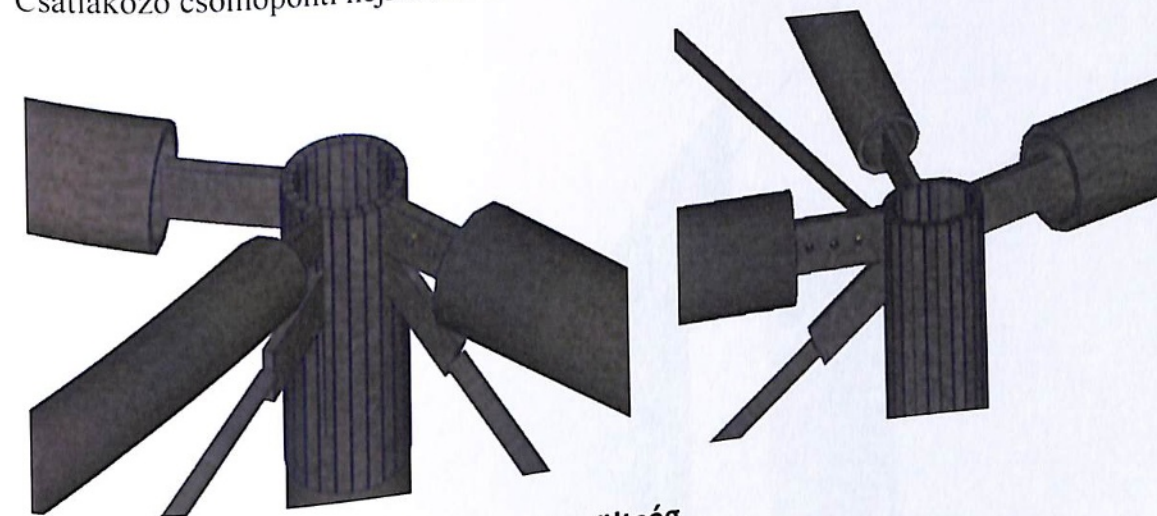
Csomóponti ellenőrzése héjmodell segítségével

A vizsgált acélszelvényeket a Hooke-modellnek megfelelő tökéletesen rugalmas izotróp anyagnak feltételezzük. A rugalmassági modulus $E=210 \text{ GP}$. A méretezés folyamán a rudakat helyettesítő héjmodell végére merev test kerül az erő egyenletes eloszlása céljából. Ez a közelítő modell nem veszi figyelembe a képlékeny csuklók kialakulását és a modell ez általi átrendeződését. Továbbá nem veszi figyelembe az egyes rudak merevségét, illetve stabilitást sem vizsgál. De a bonyolult csomópontokra mégis jó közelítéssel alkalmazható.

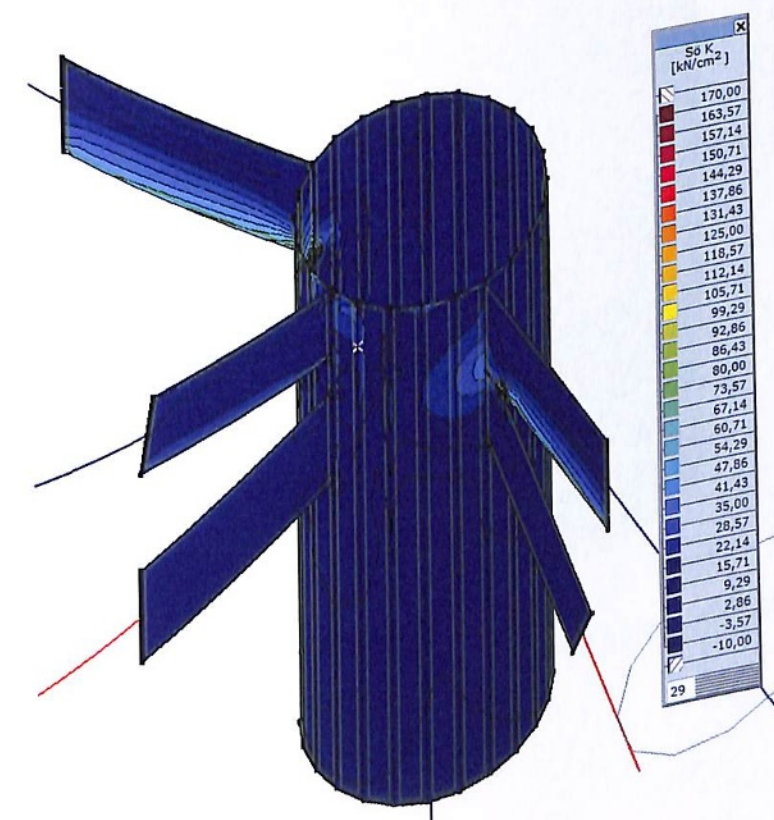
A szerkezet 3D statikai modelljébe kvázi beépítve létrehoztam az egyik csomópont héj modelljét.



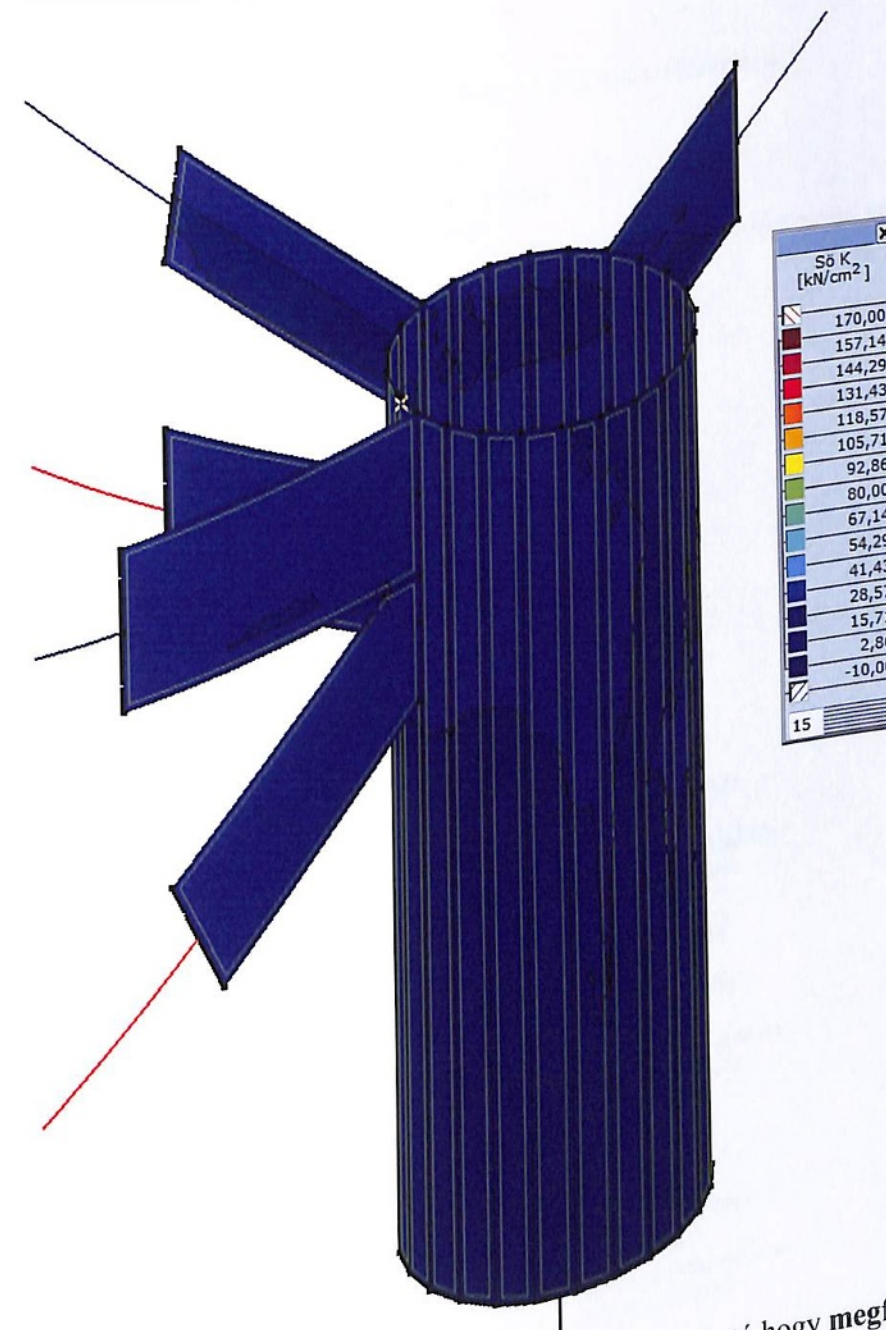
Csatlakozó csomóponti héjmodell 3D ábra



Von Mises összehasonlító közép feszültség
Mértékadó maximum felületi feszültség



Mértékadó minimum felületi feszültség



A héjmodellel végzett ellenőrzés szerint is kimutatható hogy **megfelel** a szerkezet szilárdságra.

Alapozás ellenőrzése

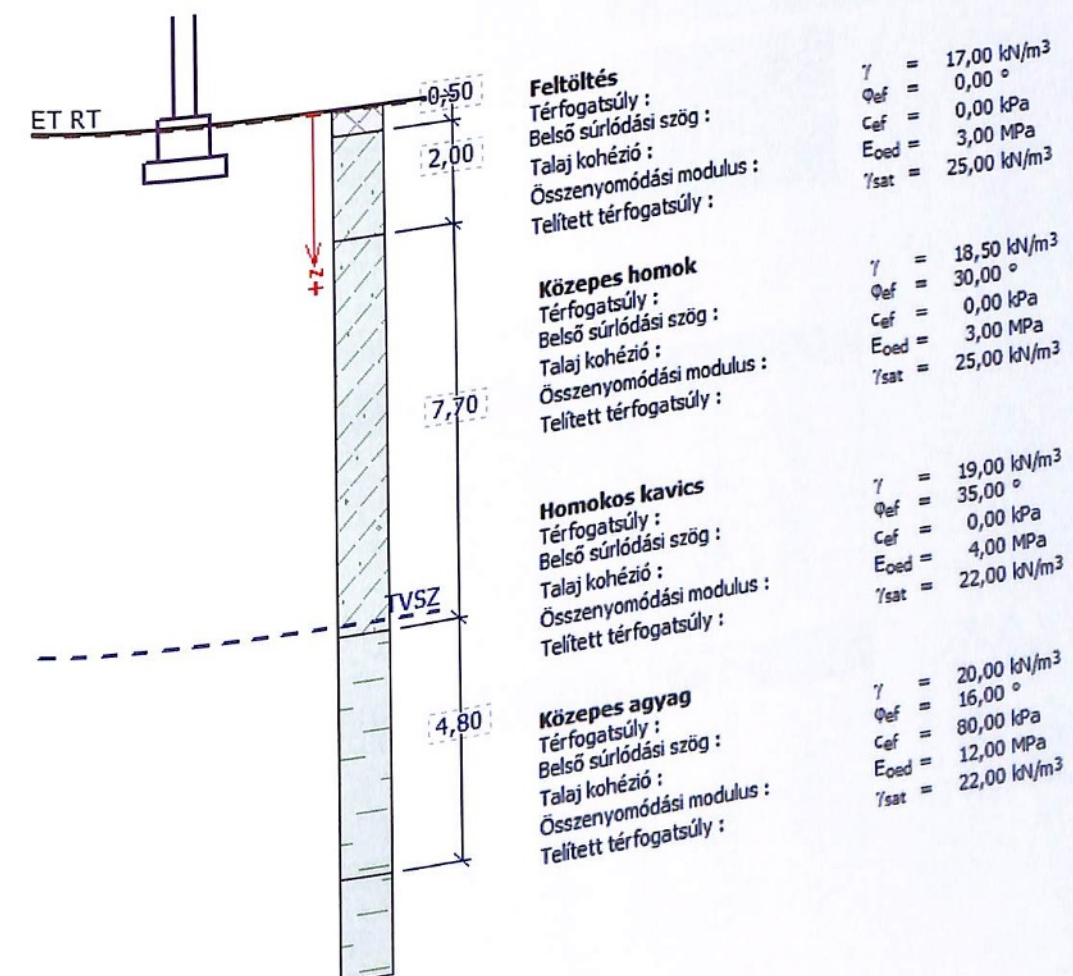
GEO5 2016 Deom verzióval történt az alapozás ellenőrzése

A számítás alapbeállításai

Beton szerkezetek : EN 1992-1-1 (EC2)
EN 1992-1-1 szerinti tényezők : szabványos
Számítási módszer : Vizsgálat összenyomódási modulus használatával
Érintett zóna korlátozása : szigma százalékában
Érintett zóna korlátozásának csökk. tény. : 10,0 [%]
Számítás drénezett körülményekre : Szabványos megközelítés
Felhajtóerő számítás : Standard
Megengedhető külpontosság : 0,333
Ellenőrzési módszer : Biztonsági tényezők (ASD)

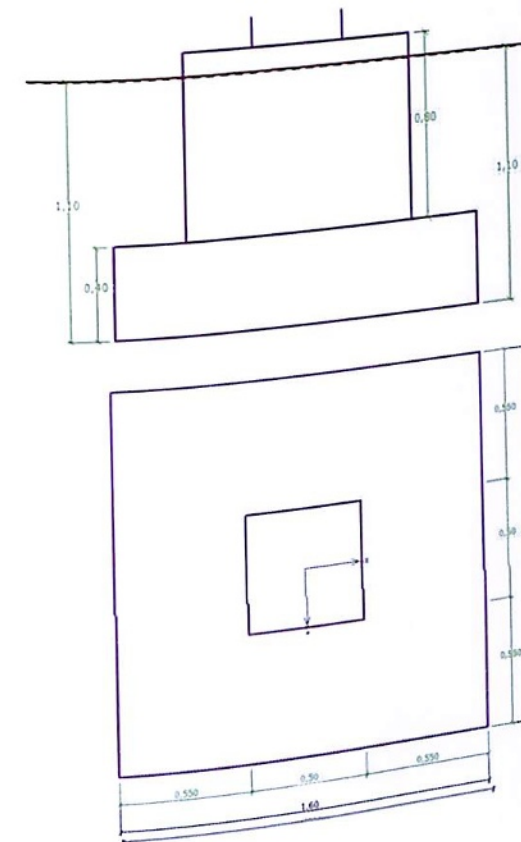
Talaj paraméterek

A fúrászelvény szerinti talajfiziológiai jellemzők



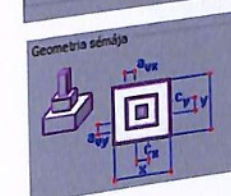
Alaptest geometriájának felvétele

Központos alap lépcsőkkel



Mélység az eredeti terepszinttől: $h_z =$	1,10 [m]
Alap aljának mélysége: $d =$	1,10 [m]
Alap vastagsága: $t =$	0,40 [m]
Alap vastagsága: $t_v =$	0,80 [m]
Rendezett terep lejtése: $s_1 =$	0,00 [°]
Alap aljának lejtése: $s_2 =$	0,00 [°]

Küld. méretek	$x =$	1,60 [m]
Teljes méret :	$y =$	1,60 [m]
Teljes méret :		
Oszlop mérete:	$c_x =$	0,50 [m]
Oszlop mérete :	$c_y =$	0,50 [m]
Szállap elfordulás:	$\alpha =$	0,00 [°]



Teher

Axis mértékadó teherkombinációinak importálásával.

Sz.	Teher	Teher neve	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]	Tervezés
1	Igen	1 sz. teher	-3,77	0,00	0,00	3,00	1,00	
2	Igen	2 sz. teher	44,99	0,00	0,00	7,06	-1,89	
3	Igen	3 sz. teher	44,99	0,00	0,00	7,06	-1,89	
4	Igen	4 sz. teher	2,83	0,00	0,00	4,04	0,85	
5	Igen	5 sz. teher	-10,20	0,00	0,00	4,55	-1,22	
6	Igen	6 sz. teher	45,55	0,00	0,00	6,51	-1,74	
7	Igen	7 sz. teher	-8,40	0,00	0,00	-4,02	-2,32	
8	Igen	8 sz. teher	-8,60	0,00	0,00	-1,06	-1,06	
9	Igen	9 sz. teher	-10,81	0,00	0,00	-3,50	-3,83	
10	Igen	10 sz. teher	-8,49	0,00	0,00	-3,21	-0,79	
11	Igen	11 sz. teher	-2,80	0,00	0,00	-1,47	-1,47	

Sz.	Teher	Teher neve	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]	Tervezés
42	Igen	46 sz. teher	20,07	0,00	0,00	4,73	4,73	✓
43	Igen	47 sz. teher	-5,70	0,00	0,00	3,32	3,32	✓
44	Igen	48 sz. teher	32,17	0,00	0,00	4,22	4,22	✓
45	Igen	49 sz. teher	-11,43	0,00	0,00	-3,83	-3,50	✓
46	Igen	50 sz. teher	-9,80	0,00	0,00	-1,43	-1,43	✓
47	Igen	51 sz. teher	-7,85	0,00	0,00	-3,21	-3,85	✓
48	Igen	52 sz. teher	-8,80	0,00	0,00	-1,43	-1,43	✓
49	Igen	53 sz. teher	-8,89	0,00	0,00	-3,33	-2,86	✓
50	Igen	54 sz. teher	-9,22	0,00	0,00	-2,54	4,96	✓
51	Igen	55 sz. teher	-5,95	0,00	0,00	-1,57	3,71	✓
52	Igen	56 sz. teher				-0,35		✓

Anyagok

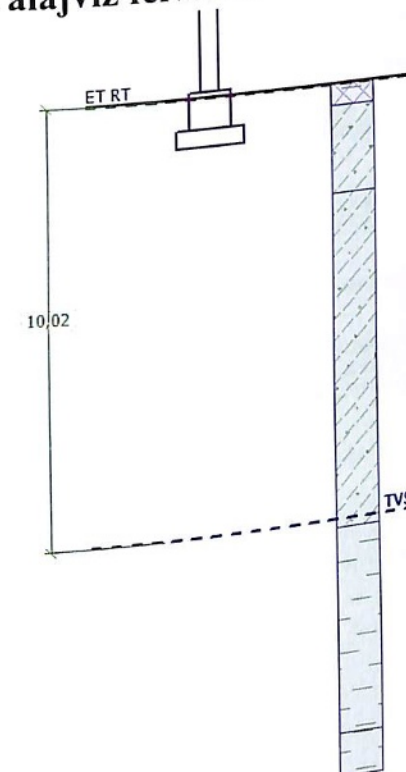
Beton

C 20/25
 $f_{ck} = 20,00$ MPa
 $f_{ctm} = 2,20$ MPa
 $E_{cm} = 30000,00$ MPa

Betonacél

B500
 $f_{yk} = 500,00$ MPa

Talajvíz felvétele



☒ Talajvíz
Mélyisége a felszíntől : = 10,02 [m]

Teherbírás

Számítás:

Maximum érték automatikus változtatása

Függ. teherbírás:

Kapcsolati fesz. alakja: négyzetig

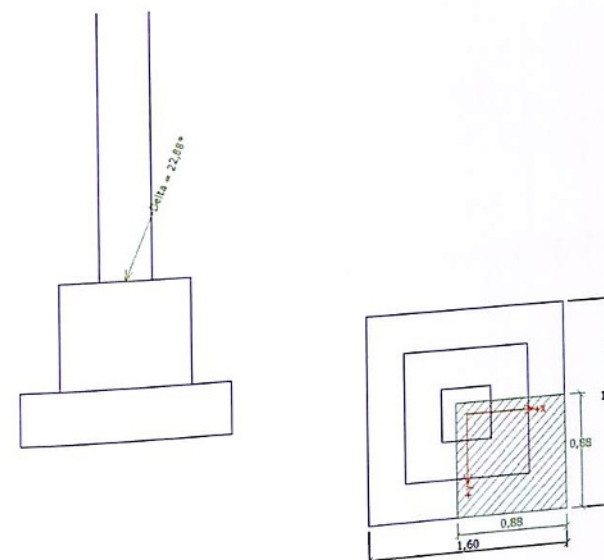
Felhajlóerő elrendezése

Választott teherbírás:

Föld elrendezése: passzív

Ellenőrzés

FÜGG. TEHERBÍRÁS:	(80,9%)
TEHERBÍRÁS:	180,000 kN
VÍZSZ. TEHERBÍRÁS:	180,000 kN



Síkalap teherbíró képességének ellenőrzése
Függ. teherbírás ellenőrzése - nyomott alaptest
Talpfeszültség alakja : négyzet
A mértékadó teheret száma 61. (66 sz. teher)

Alapozási talaj tervezési teherbírása $R_d = 338,22 \text{ kPa}$
Kapcsolati fesz. szélsőértéke $\sigma = 98,67 \text{ kPa}$

Biztonsági tényező $= 3,43 > 1,50$
Függőleges irányú teherbírás - nyomott alaptest **MEGFELELŐ**

Teher külpontosság ellenőrzése
Max. külp. az alap hosszúsága irányában $e_x = 0,224 < 0,333$
Max. külp. az alap szélessége irányában $e_y = 0,224 < 0,333$
Max. átlagos külpontosság $e_t = 0,317 < 0,333$
Teher külpontossága **MEGFELELŐ**

Függ. teherbírás ellenőrzése - húzott alaptest
Max. húzóerő $N_{t,max} = 17,20 \text{ kN}$
Felhajtóerő ellenállás $R_t = 63,79 \text{ kN}$

Biztonsági tényező $= 3,71 > 3,00$
Függőleges irányú teherbírás - húzott alaptest **MEGFELELŐ**

Vízszintes teherbírás ellenőrzése
A mértékadó teheret száma 61. (66 sz. teher)

Vízszintes teherbírás $R_{dh} = 75,03 \text{ kN}$
Vízszintes erő szélsőértéke $H = 32,53 \text{ kN}$

Biztonsági tényező $= 2,31 > 1,50$
Vízszintes teherbírás **MEGFELELŐ**

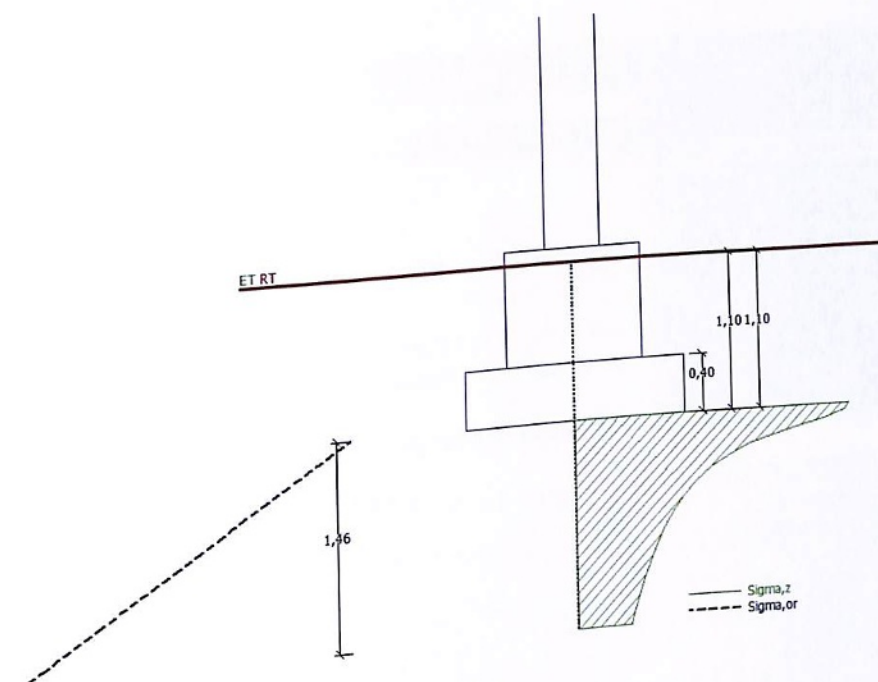
Alap teherbíró képessége **MEGFELELŐ**

Süllyedés számítása

Számítás:

Maximum érték automatikus választása
Kezdeti in-situ feszültség az alap alján
considered from the finished grade

csökkentő tényező a süllyedésszámításhoz
☒ Vegye figyelembe az alap vast. hatását (κ_d)



Alap süllyedése és elfordulása - eredmények

Alap merevsége:
Átlagos alakváltozási modulus $E_{\text{def}} = 2,28 \text{ MPa}$
Az alap hosszirányban merev ($k=205,80$)
Az alap keresztirányban merev ($k=205,80$)

Téher központosság ellenőrzése
Max. közp. az alap hosszúsága irányában $e_x = 0,064 < 0,333$
Max. közp. az alap szélessége irányában $e_y = 0,063 < 0,333$
Max. átlagos központosság $e_t = 0,080 < 0,333$
Téher központossága **MEGFELŐ**

Alap teljes süllyedése és elfordulása:
Alap süllyedés $= 4,9 \text{ mm}$
Érintett zóna mélysége $= 1,46 \text{ m}$
Elfordulás x irányban $= 1,606 \text{ (tan}^\circ 1000\text{)}; (9,2\text{E}-02^\circ)$
Elfordulás y irányban $= 1,264 \text{ (tan}^\circ 1000\text{)}; (7,2\text{E}-02^\circ)$

Méretezés

Méretezés:

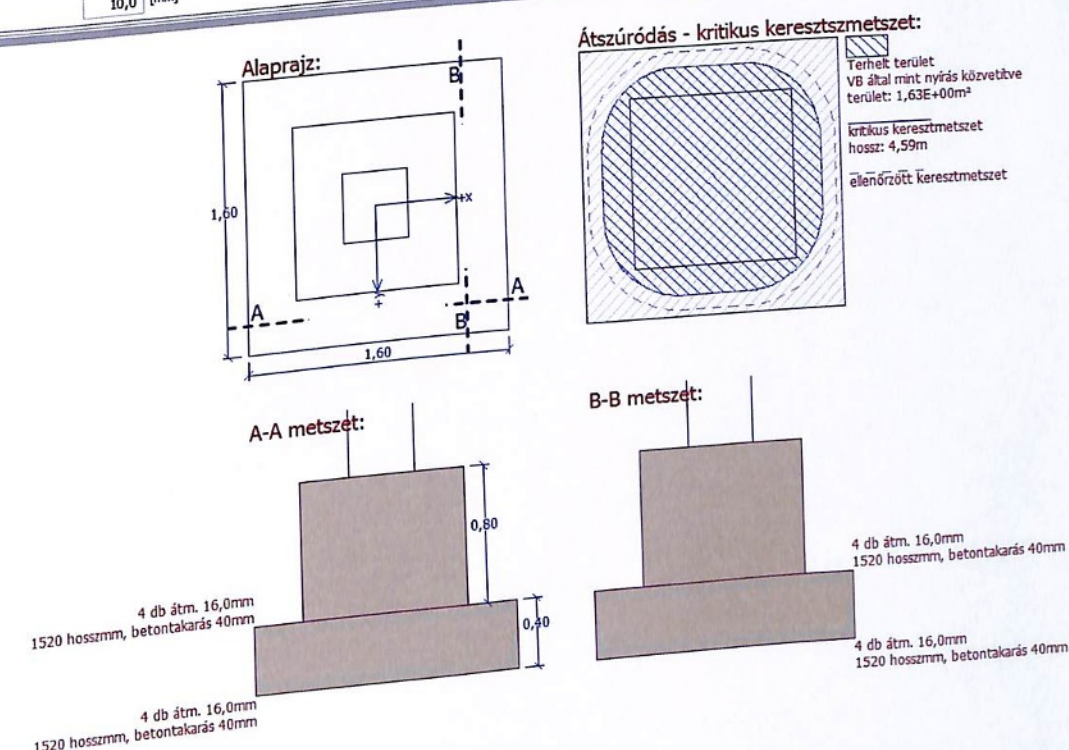
Maximum érték automatikus választása

Alsó vasalás	Felső vasalás	Hosszvasalás Y irányban
Hosszvasalás X irányban		
Vasak száma: 4,00	Vasak száma: 4,00	Vasak száma: 4,00
Átmérő: 16,0 [mm]	Átmérő: 16,0 [mm]	Átmérő: 16,0 [mm]
Betontakarás: 40,0 [mm]	Betontakarás: 40,0 [mm]	Betontakarás: 40,0 [mm]
$A_{req} = 732,2 \text{ mm}^2 < A_{exp} = 804,2 \text{ mm}^2$		
Lejtés szöge: 45,00 [°]		
Nyírási vasalás a kritikus km-ben		
Vasak száma: 2,00		
Profil: 10,0 [mm]		

Méretezés helye

Keresztmetszet az 1. lépésben (th. = 0,40 m)

Ellenőrzés	Erősség	Arány
HOSSZ. X IRÁNYBAN - alsó vasalás:	MEGFELELŐ	(91,0%)
HOSSZ. Y IRÁNYBAN - alsó vasalás:	MEGFELELŐ	(91,0%)
HOSSZ. X IRÁNYBAN - felső vasalás:	MEGFELELŐ	(91,0%)
HOSSZ. Y IRÁNYBAN - felső vasalás:	MEGFELELŐ	(91,0%)
ÁTSZÜRÖDÉS:	MEGFELELŐ	(2,0%)



Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Az oszlopos részen:

- Minimális acélbetét átmérő: $\Phi=16 > 8$ MEGFELEL!
- Minimális acélmennyiség: $A_{s,min}=0,003 \cdot 500 \cdot 500 = 750 \text{ mm}^2 < 4\Phi 16 = 804 \text{ mm}^2$ MEGFELEL!
- Maximális acélmennyiség: $A_{s,max}=0,04 \cdot 500 \cdot 500 = 10000 \text{ mm}^2 > 4\Phi 16 = 804 \text{ mm}^2$ MEGFELEL!
- Minimális kengyelátmérő: $\Phi_s=12 > \Phi_{s,min}$ MEGFELEL!
- Hosszvasak maximális távolsága: $S_s=150 \text{ mm} < 400 \text{ mm}$ MEGFELEL!
- Kengyelek maximális távolsága: $S_s=150 \text{ mm} < S_{s,min}=180 \text{ mm}$ MEGFELEL!