SZENT ISTVÁN EGYETEM
YBL
YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

ELŐREGYÁRTOTT VB. IPARI CSARNOK TERVEZÉSE

Bp. XVI. ker. Bökényföldi út 105.

Kiviteli Terv

Szerkezetépítés

Tartószerkezeti számítás

Készítette: Veinhardt Marianna
Konzulens: Szabó Balázs

Budapest, 2019

TARTÓSZERKEZETI SZÁMÍTÁS

Budapest, XVI. Ker. Bökényföldi út 105 szám alatti telken épülő
3366 m^2-es raktárépület
Építési Engedélyezési Tervéhez

TARTALOM:

Műszaki leírás
Részletes statikai számítás
M1 Melléklet: Kiviteli tervek

1. Fejezet	TERHEK ÉS HATÁSOK
2. Fejezet	MÉRTÉKADÓ HATÁSKOMBINÁCIÓK
3. Fejezet	TRAPÉZLEMEZ MÉRETEZÉSE LINDAB PROGRAMMAL
4. Fejezet	KÉZI SZÁMÍTÁSOK
4.1. Fejezet	TETŐSZELEMEN MÉRETEZÉSE
4.2. Fejezet	FŐTARTÓ MÉRETEZÉSE
4.3. Fejezet	SZEGÉLYGERENDA SZÁMÍTÁSA
4.4.Fejezet	DARU-TEHER SZÁMÍTÁS
4.5.Fejezet	RÖVIDKONZOL SZÁMÍTÁS
4.6. Fejezet	OSZLOP MÉRETEZÉSE MÉRTÉKADÓ NORMÁLERŐRE
4.7. Fejezet	OSZLOP MÉRETEZÉSE MÉRTÉKADÓ NYOMATÉKRA (MY)
4.8. Fejezet	OSZLOP MÉRETEZÉSE MÉRTÉKADÓ NYOMATÉKRA (MZ)
4.9.Fejezet	OSZLOP MÉRETEZÉSE MÉRTÉKADÓ NYOMATÉKRA (NM)
4.10. Fejezet	KEHELYALAP SZÁMÍTÁS
5. Fejezet	GÉPI SZÁMÍTÁSOK

A számítások a kiadáskor hatályos magyar EUROCODE figyelembevételével,
a gépi számítások az Axis VM X4 Szoftverrel készültek.

Jelen dokumentum Szabó Balázs tervező jogvédelemmel rendelkező
szellemi tulajdona, melyet felhasználni egyszeri alkalommal a Megrendelő, a tulajdonos/tervező
hozzájárulásával, kizárólag teljes terjedelemben lehet.

Készült: Budapest, 2019

Készítette: Veinhardt Marianna

Veinhardt Marianna
Építőmérnök hallgató

Tartalomjegyzék

1 Bevezetés, előzmények 4
2 Általános leírás 5
3 Általános adatok 6
4 Építési munkák 8
4.1 Tartószerkezetek 8
4.1.1 Alapozás 8
4.1.2 Padlószerkezet 8
4.1.3 Függőleges teherhordó szerkezet 9
4.1.4 Tűzálló szendvicspanel 10
4.1.5 Vízszintes teherhordó szerkezet 11
4.1.6 Előtető 12
4.2 Jellemző anyagminőségek 13
5 Geotechnika 13
5.1 Geológiai viszonyok 13
5.2 Talajrétegződés 13
5.3 Talajvízviszonyok 14
5.4 Talajfizikai jellemzők 14
5.5 Összefoglaló 15
6 Munka- baleset, és tűzvédelem 15
7 Irodalomjegyzék 18

1 Bevezetés, előzmények

A Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar Mechanika és Tartószerkezeti Szakcsoport megbízásából az alábbi előregyártott vasbeton elemekből épülő, ipari csarnok tartószerkezeti számítását és tervezését végeztem el.

Az építési segédszerkezetek, dúcolások, betontechnológia tervezések nem része a feladatnak.

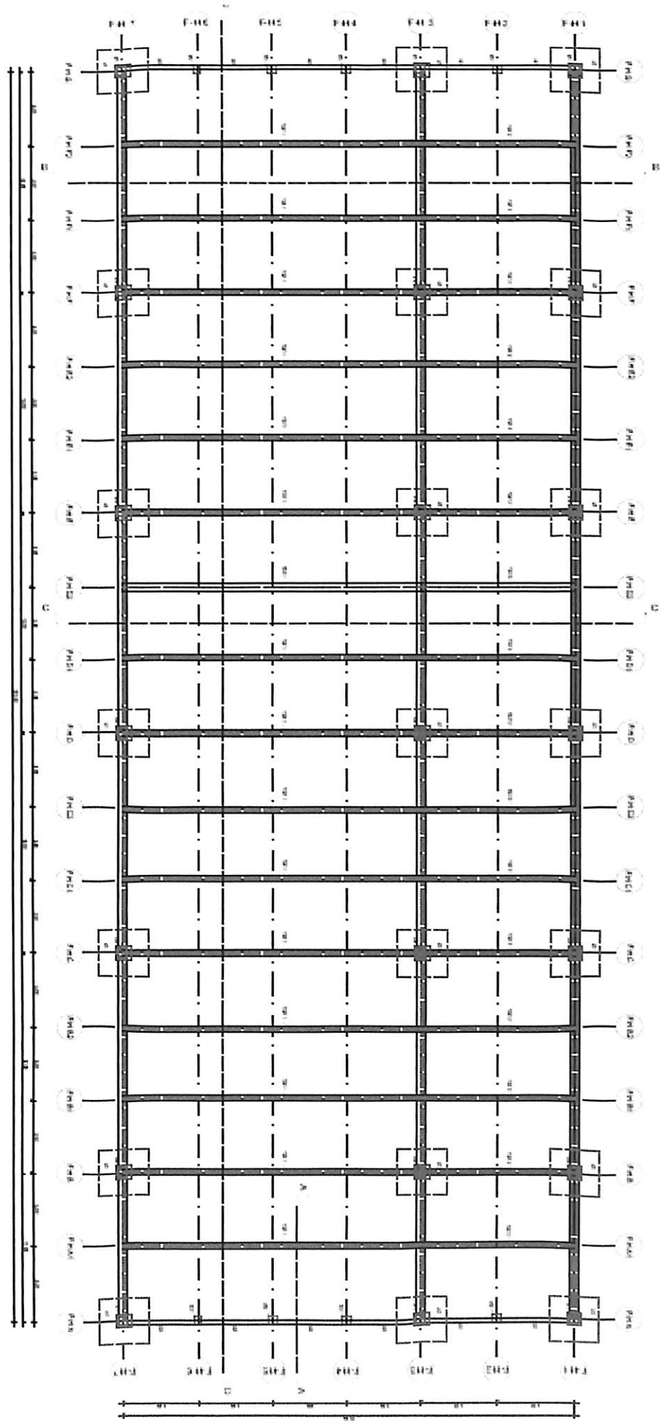
2 Általános leírás

A Böszörményi utca 105 (HRSZ 12307) telken két meglévő csarnok közé a tervekben szereplő új csarnok tervezése volt a feladatom. A tervezett építmény 102,00 × 33,80 m méretű kéthajós, földszintes, daruzott csarnokszerkezet. A héjazat LINDAB trapézlemezből kialakított. Az épület előregyártott vasbeton vázas szerkezetű, kiegészítő monolit vasbeton szerkezettel.

A pillérek alatt félig előregyártott vasbeton kehelyalapok készülnek.

A szerkezetépítési munkák minőségének, méretpontosságának, tűrésének, az Építőipari mérettűrések és építési pontossági osztályok szerinti I. osztályú minőségnek kell megfelelnie.

Műszaki leírás



1. ábra Alaprajz, pozíciós terv

3 Általános adatok

Jellemző magassági adatok:

Környező terep szintje:	117,98 mAf
Alapsík:	115,00 mAf
Padlószint:	117,20 mAf

Terepkategória:

III. osztály:	Alacsony beépítés, külvárosi vagy ipari övezetek

Ipari csarnok méretei:

Szerkezeti szélesség:	$b_1 = 33,80$ m
Szerkezeti hosszúság:	$d_1 = 102,00$ m
Magasság:	$h_1 = 14,31$ m
Tető:	lapos tető

Előtető méretei:

Kinyúlása:	$b_2 = 4,50$ m
Hosszúság	$d_2 = 28,20$ m
Magasság:	$h_2 = 4,13$ m
Előtető hajlása:	$\alpha = 3°$

Hasznos alapterületek:

Raktár:	3445,8 m^2
Spinkler:	11,32 m^2
Rakodó rámpa:	105,21 m^2
Összesen:	3482,53 m^2

Rétegrendek:

Tetőszerkezet (R1):

- 1 rtg EPDM
- 22 cm Ásványgyapot hőszigetelés
- 1 rtg. PE fólia
- 15 cm Acél trapézlemez
- Gépészet

Ipari padló (R3):

- 22 cm Acélszálerősítéses vb lemez
- 2 rtg PE fólia
- 50 cm Zúzalék ágyazat
- 1 rtg. Geotextília
- 15 cm Tömörített feltöltés
- Hengerelt altalaj

Előtető rétegrend (R5):

- 4,5 cm Acél trapézlemez
- IPE 180 Szelemen
- IPE 300 Függesztett gerenda

Soros állványos tárolás:

Tervezett rakat-tömeg:	750 kg/rakat
Kiszolgáló technológia:	toló-oszlopos targonca
Raktári állvány oszloptalp mérete:	100 × 150 mm
Oszloptalpak terhe:	78.00 kN/talp
Talpak távolsága egymástól:	100 – 25 - 100 cm

Toló oszlopos targonca:

Statikus keréknyomás:	19,14 kN
Statikus fajlagos felületi terhelés:	0,45 kN/cm^2
Statikus felületi terhelés:	14 kN/m^2

Darupálya:

Daru fesztávolsága:	L = 11,40 m
Daru teherbírás:	Q_h = 10 t = 100 kN
Sebesség:	V_h =8,2 m/min
Kerék tengelytávolsága:	a = 3,0 m
Keréknyomások:	K1 = 10,5 t
	K2 = 8,4 t
	K3 = 3,6 t
	K4 = 3,0 t

4 Építési munkák

4.1 Tartószerkezetek

4.1.1 Alapozás

Az alapozási mód a talajadottságokat figyelembe véve: kehelyalap.

Az alapozási sík: -3,10 m

A pillérek alatt félig előregyártott vasbeton kehelyalap készül, ilyenkor a monolit talprészbe előregyártott kehelynyak elemeket fognak be. A kehelynyak belső oldala bordázott, így megbízható kapcsolat jön létre a pillér és a kehelynyak között. A befogás mélysége legalább 2 pillér szélességnyi. A pillér kerülete mentén 10 cm elhelyezési hézagot kell biztosítani. A pillér beállítása és szintezése után a kehelyfal és a pillértalp közé kiöntőhabarcsot kell injektálni.

Ahol a talprész alsó síkja nem éri el a teherbíró altalajt, csömöszölt beton alaptömböt kell alkalmazni.

A homlokzati szerelt falak alá vasbeton lábazati falak készülnek, melyek a kelyhekre támaszkodnak.

4.1.2 Padlószerkezet

A fugamentes ipari padló teherhordó szerkezete 22 cm, hagyományos vasalás nélküli, acélszélerősítéses betonlemez, C30/37 minőségű betonból készítve.

Az ágyazat anyagát kézzel, vagy géppel úgy kell elteríteni, hogy a tömörítés után meglegyen az előírt beépítési vastagság. Egyenletesen kell tömöríteni gépi hengerléssel, vagy nehéz lapvibrátorral.

A padló alá 50 cm ágyazatot kell készíteni, 5 mm felső homokréteggel, E_{v2} = 100 N/mm^2, k_{min} = 0,09 N/mm^3. E_{v1} és E_{v2} között max 2,2 lehet.

Az ágyazat alatti altalajt és a megfelelő vastagságú feltöltést is tömöríteni kell, E_{v2} = 50 N/mm^2, k_{min} = 0,05 N/mm^3.

A tömörítések minőségét folyamatos mérésekkel kell ellenőrizni és jegyzőkönyvben rögzíteni.

A padlószerkezetek síktól való eltérése max. 3 mm/m lehet.

Betonpadlók szálas vasalással:

A 22 cm vastagságú szálerősítéses betonpadlóba 30 kg/m^3 acélszáladagolást kell tenni. Az acélszálak 1 mm átmérőjű 50-60 mm hosszú acélhuzalok. Az acélszálakat a betonüzemben adagolják a betonhoz.

Felületi kialakítás:

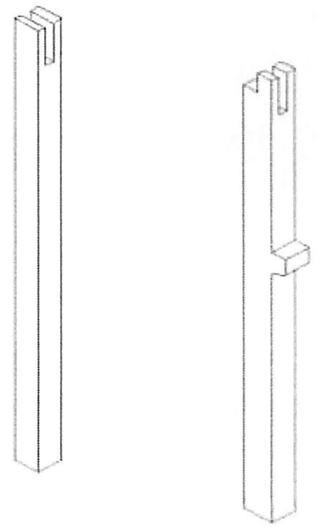
A frissbetonra szóróanyagot kell felhordani, porszóró géppel 0,5-2 mm-es vastagságban. A bedolgozást tárcsázással kell végezni, mely után a felületet le kell simítani. Ellenkező esetben a túl korai simításnál a felszínre kerülhet a cementpép, mely a kiszáradás során repedéshez, felváláshoz vezethet.

4.1.3 Függőleges teherhordó szerkezet

Az épület vázát a kehelybe befogott 60×60 cm keresztmetszetű előregyártott vasbeton pillérek adják. pillérek C40/50 minőségű betonból készülnek. A keretek tengelytávolsága 11,4 m és 22,4 m 1×12 és 5×18 m-es raszterben, a hosszanti végfalnál 5,6-5,7 m-es kiosztásban.

A pillérek toldás nélkül készülnek. A pillér alsó vége fogazott.

A pillérfej kétvillás keresztmetszetű.

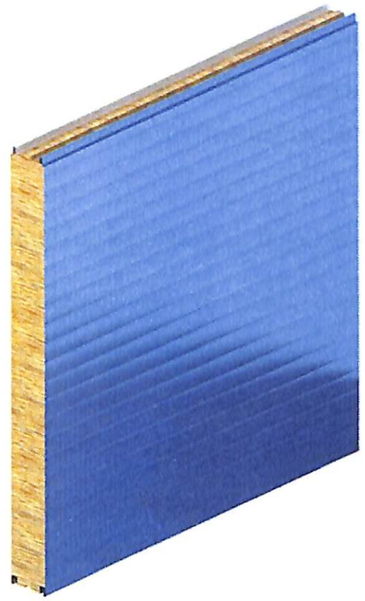


1. ábra Vasbeton pillér kialakítások [1]

4.1.4 Tűzálló szendvicspanel

A külső fal ásványgyapot kitöltésű, acél szendvicspanel homlokzatburkolati rendszerből készül, vízszintes elhelyezéssel, látszó rögzítéssel.

A KS 1150 FR falpanel 100 mm vastagságú, hőátbocsátási tényezője 0,42 W/m^{2}K, A2 tűzállósági osztályú anyag. Színkód: RAL 9007.



2. ábra KS 1150 FR falpanel [2]

A burkolási munka megkezdése előtt ellenőrizni kell a szerkezet függőleges síktól való eltérését. A tűrés +/- 4 mm lehet, ellenkező esetben a szerkezetet vissza kell bontani és újra kell szerelni!

A biztonságos szereléshez az oldalfal mentén legalább 4 m széles sávban sík és megfelelően tömör talajt kell biztosítani!

A szendvicspaneleket az előregyártott vasbeton oszlopokra erősített C profilú másodlagos teherviselő szerkezetek külső övére szereljük.

A panelek szerelését a lábazat felső síkjától kell indítani, és csaphornyokkal összeilleszteni az attikafal vonaláig.

4.1.5 Vízszintes teherhordó szerkezet

Az épület zárófödémje könnyűszerkezetes trapézlemezes fedésű. A ritkított belső pillérekre 12,00 m, valamint 18,00 m fesztávolságú T keresztmetszetű főtartó gerendák kerülnek. Ezekre a gerendákra támaszkodnak 6,00 m-enként a 11,40 m fesztávolságú 50/110 és a 22,40 m fesztávolságú 50/130 cm-es T keresztmetszetű előregyártott vb. tetőtartók.

A tervezett csarnok két meglévő csarnok közé épül, így a pilléreket az egyik oldalon 2,3 m-rel a másik oldalon 1,0 m-rel beljebb kell elhelyezni. Az új és a meglévő csarnok közé, mindkét oldalon kéttámaszú tartóként működő I acélgerendát fektetünk, amit a csarnok tetőszerkezetével megegyező rétegrenddel fedünk le. A két csarnok oldalán elhelyezett kéttámaszú tartó méretezése nem része a feladatomnak.

A trapézlemezeket ereszvonallal párhuzamosan kell fektetni, figyelve a helyes színoldalra!

A trapézlemezeket a fióktartókra beütő szeggel kell rögzíteni, dupla lemezfedéssel. A lemezek egymáshoz való hosszirányú rögzítését 25 cm-ként önfúró-önmetsző csavarral kell végezni.

A kivitelezés során esetlegesen összegyűlt csapadékot a mélyponti trapézlemez fenék megfúrásával kell levezetni, havazás esetén söpréssel kell eltávolítani.

A trapézlemezek felső bordaövei egy síkban helyezkedjenek el, a síktól való eltérés legfeljebb 2 mm lehet. Ellenkező esetben a szerkezetet vissza kell bontani, újra kell szerelni!

A pára elleni védőréteget a trapézlemez bordairányára merőlegesen, 10 cm átlapolással kell fektetni. A kiterített fóliának sérülés és gyűrődésmentesnek kell lennie. Ellenkező esetben a sérült védőréteget ki kell cserélni.

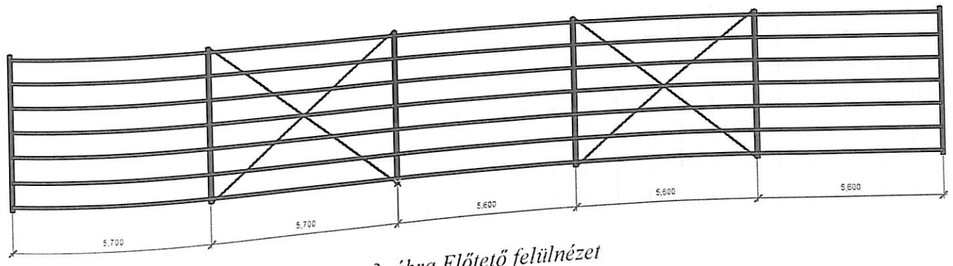
A hőszigetelést 2 rtg-ben, eltolásos átfedéssel, a táblák mechanikus rögzítésével kell fektetni. A tábláknak hézagmentesen kell illeszkedniük. A rögzítéseket, rögzítőelemeket ellenőrizni kell, hiány esetén pótolni, a nem megfelelő rögzítéseket cserélni kell!

A hőszigetelésre közvetlenül fektetik a vízszigetelő anyagot, 5 cm átlapolással, mechanikus rögzítéssel a trapézlemez bordájába.

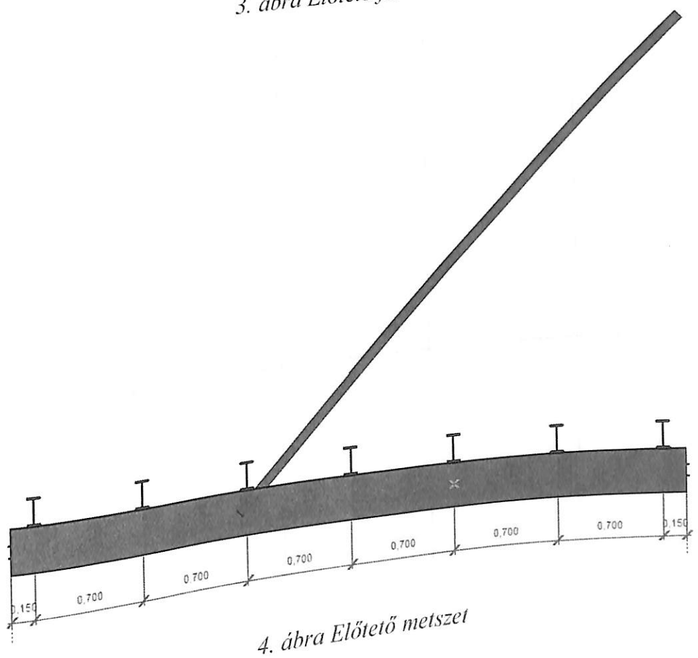
A vízszigetelő réteg átlapolása forrólevegős hegesztéssel készül. A hegesztések minőségét, folytonosságát szakítópróbával ellenőrizni kell! Nem megfelelő hegesztéseket foltozással ki kell javítani. Beázás esetén az aljzat és padlóbetonozási munkákat azonnali hatállyal be kell fejezni, a beázás helyét meg kell keresni, javítani! A csapadékvíz bejutásának megszűntéig a betonozási munkák nem kezdhetők meg!

4.1.6 Előtető

Az épület északi homlokzatán, a rakodórámpák fölé függesztett előtető készül. Az előtető 4.50 m-t nyúlik ki a homlokzatból. Az előtető szerkezetét az 5,6-5,7 méterenkénti vasbeton pillérállásokra felszerelt S235 acélminőségű IPE 300 szelvényű acélgerendák adják. A külső harmadánál rozsdamentes acél összekötőrúddal hátrakötnek a vasbeton pillérekhez. Erre a vázra kerül fel az IPE 180 szelemenezés és a Lindab típusú LTP 45 0,6 mm vastagságú trapézlemez fedés. Minden második mezőbe IPE 80-as szelvényű andráskereszt szélrácsot kell elhelyezni.



3. ábra Előtető felülnézet



4. ábra Előtető metszet

4.2 Jellemző anyagminőségek

Betonminőségek:	Padlólemez	C30/37-XC2-16-F3
	Kehelyalap	C30/37-XC2-16-F2
	Pillérek	C40/50-XC2-16-F2
	Feszített szelemen	C40/50-XC2-16-F3
	Tetőszelemen:	C40/50-XC2-16-F3
Betonacélok:	B500B	
Szerkezeti acélok:	S235	

5 Geotechnika

A telekre talajvizsgálati jelentés készült.

A talajvizsgálati jelentést Tóth Tamás készítette 2018 március 25-én.

A terület ipari gazdasági övezetű, építési engedéllyel rendelkezik. A tervezett raktárépület földszintes, melyet kehelyalapozással kívánnak megépíteni.

Az építési helyszín földrajzi –és hidrogeológiai adottságait, geodéziai viszonyait, az építési környezet beépítettségét, valamint a tervezett épület kialakítását, szerkezetét, terhelési adatit figyelembe véve, a tervezett építmény a 2. geotechnikai kategóriába sorolható.

5.1 Geológiai viszonyok

A vizsgált terület építésföldtanilag mezozóos mészkőből, dolomitból és eocén mészkőből épül fel. Laza miocén és pannóniai üledékek eltérő vastagságban halmozódtak fel.

A talajvíz a fúrásokban átalagosan 2-4 m-en jelent meg, mennyisége nem jelentős.

A talajvíz kémiailag igen nagy szulfátkoncentrációjú.

5.2 Talajrétegződés

A talajmechanikai szakvélemény elkészítéséhez a Tóth és Társa Geo Kft. 3 db 6,1 m mély 65 mm átmérőjű feltáró fúrást és 2 db 6 m mély dinamikus szondázást készített.

Feltáró fúrások eredménye:

A fedőréteg 0,5-1,0 m vastag humuszos, homokos agyag, melynek plasztikus indexe (I_p): 1,5, konzisztencia indexe (I_c): 1,0.

A fedőréteg alatt váltakozó plaszticitású homokos agyagot harántoltak a fúrások talpáig. Plasztikus indexe (I_p): 17-30, konzisztencia indexe (I_c): 0,7-1,2, egyirányú nyomószilárdsága (q_u): 255-328 kN/m^2.

Dinamikus szondázások eredménye:

A szondázások során a 20 cm-es behatoláshoz tartozó ütésszám a mélységgel közel arányosan növekedett 1-ről 8-ra.

A szintezés a Bökényföldi út és a Zsemlékes utca kereszteződésében található csatornafedlapról végezték el, melynek magassága: 117, 85 m Bf.

5.3 Talajvízviszonyok

A feltáró fúrásoknál csak a 2F jelűben mértek talajvízszintet és vettek talajvízmintát.

Fúrás jele	Terepszint mBf	Talajvízszint		SO_4 mg/l	SL mg/l	ph	Fúrás dátuma
		m	mBf				
1F	-	-	-	-	-	-	2018.03.25
2F	117,10	1,9	115,20	1249	25	6,3	2018.03.25
3F	-	-	-	-	-	-	2018.03.25

A talajvíz agresszív, XA2 jelű kitéti osztályba tartozik.

5.4 Talajfizikai jellemzők

A számításoknál alkalmazható talajfizikai jellemzők:

Talajfajta	Belső súrlódási szög φ (°)	Kohézió c (kN/m^2)	Térfogatsúly γ (kN/m^3)	Összenyomódási modulus E (Mpa)
Humuszos agyag	15	15	18 (9)	8
Sovány agyag	20	20	19 (10)	10
Közepes agyag	15	35	19 (10)	12
Kövér agyag	10	40	19 (10)	11

* () talajvíz alatti érték

A talaj F-III fejtési osztályba sorolható.

5.5 Összefoglaló

A talaj- és talajvízviszonyok alapján a tervezett kehelyalap alkalmas a csarnok alapozására.

A munkagödörben számolni kell a talajvíz megjelenésével, melyet 1,0 m-ess vízoszlop magasságig nyíltvíztartással, a fölött vákuumkutas talajvízszint süllyesztéssel kell végezni.

A munkagödörbe a kiemelt talajok nem tölthetők vissza.

6 Munka- baleset, és tűzvédelem

A kivitelezés során be kell tartani a hatályos munkavédelmi és óvó előírásokat.

A dolgozóknak a munkavédelmi előírásokat ki kell oktatni és azokat be kell tartatni. Munkavégzés közben az oda beosztott dolgozókon és az irányítást végző személyeken kívül más nem tartózkodhat. A bontási – és építési munkaterületen kötelezően viselendő védőfelszerelések: ipari fejvédősisak, jól láthatóságot biztosító védőmellény, S3 védettségű védőlábbeli, hideg elleni védőkabát, öt ujjas védőkesztyű, hallásvédő eszköz, védőszemüveg. Sáros talajban, esőben dolgozók számára gumicsizmát, esőköpenyt kell biztosítani. Gondoskodni kell a dolgozók létszámának megfelelő fűthető és hűthető tartózkodó helyiségről, étkezésre alkalmas megfelelő berendezésről, kézmosási lehetőségről, ezek folyamatos fenntartásáról. Létszámtól függően megfelelő számú, de legalább 1 db mobil illemhelyről.

Az építés folyamán használt anyagokat, segédszerkezeteket megfelelő körülmények között, biztonságosan kell tárolni. Az eszközöket, elektromos kéziszerszámokat mindennap munkakezdés előtt szemrevételezéssel meg kell vizsgálni.

Ittas dolgozót a munkaterületről azonnal el kell távolítani, ittasan munkába állni tilos! A munkaidő alatt, valamint a munkaterületen szeszes ital fogyasztása tilos!

A gépkezelők csak a megfelelő kezelői vizsga sikeres letételét követően működtethetik a munkagépet.

A munkaterületen a munkagépek biztonságos mozgási lehetőségét biztosítani kell. Ügyelni kell a munkaterületen dolgozó gépek és a körzetükben dolgozók testi épségére. A munkagépek 10 m-es körzetében illetéktelen személy nem tartózkodhat.

Fagy esetén síkossá vált közlekedési utakat csúszásmentesíteni kell, havas időben, a hótól meg kell tisztítani.

Műszaki leírás

Az építési területen a 0,25-1,25 m mélység közötti munkagödröket megfelelően kialakított jelzőkorláttal, az 1,25 m-nél mélyebb munkagödröket 3 soros beesés elleni, megfelelő állékonyságú védőkorláttal kell körül keríteni. A korlátokat, ahol lehetséges 1-2 m távolságra kell elhelyezni.

A munkavédelmi előírások betartásáért és az előírás szerinti munkavégzésért a Művezető, Építésvezető a felelős.

Minden munkahelyen elsősegélynyújtó helyet kell biztosítani, és a 2/1998 (I.26) MüM rendelet szerinti jelzőtáblával kell jelölni.

Tűzveszélyes tevékenységet csak érvényes tűzvédelmi szakvizsgával rendelkező munkavállaló végezhet. A munkavégzés közben tilos a dohányzás. A munkaterületen „Dohányzásra kijelölt hely"-et/ket kell kijelölni. Különös gondot kell fordítani a tűz és robbanásveszélyes, oldószer tartalmú anyagok szállítására, tárolására és használatára.

A munkaterületen a munkavégzés helyén, az ott keletkető tűz oltására alkalmas min. 1 db tűzoltó készüléket kell elhelyezni.

A Kivitelező köteles a létesítmény, építmény, a technológiai rendszer kiviteli tervezésével és megvalósításával összhangban gondoskodni a jogszabályokban, különös tekintettel az Országos Tűzvédelmi Szabályzat kiadásáról szóló 54/2014. (XII. 5.) BM rendeletben foglaltakra és a szabványokban meghatározott tűzvédelmi követelmények megtartásáról, valamint a tevékenységi körükkel kapcsolatos veszélyhelyzetek megelőzésének és elhárításának feltételeiről.

A munkavégzés folyamán be kell tartani az alábbi előírásokat:

- 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről
- 1996. évi LXXV. törvény a munkaügy ellenőrzésről
- 2000. évi LXXX. törvény az építkezéssel kapcsolatos biztonsági és egészségügyi kérdésekről szóló, a Nemzetközi Munkaügyi Konferencia 1998. évi 75. ülésszakán elfogadott 167. számú Egyezmény kihirdetéséről
- 5/1993 (XII.26.) MüM rendelet a munkavédelemről szóló 1993. évi XCIII. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról
- 4/2002 (II. 20.) SzCsM EüM együttes rendelet
- 2011. évi CXXVIII. törvény és annak végrehajtásáról szóló 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet
- 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról
- 30/1996. (XII. 06.) BM rendelet a tűzvédelmi szabályzat készítéséről

- 22/2009. (VII. 23.) ÖM rendelet a tűzvédelmi megfelelőségi tanúsítvány beszerzésére vonatkozó szabályokról.

A környezet védelme érdekében be kell tartani a környezetvédelmi szabályokat. Gondoskodni kell az építési-szerelési tevékenység során a veszélyes anyagok károsító hatása elleni védelemről.

Az építési hulladéknak ideiglenes szeméttároló területet kell kijelölni, és az összegyűjtött hulladékot rendszeresen el kell szállítani.

7 Irodalomjegyzék

Irodalom:

Dr. Visnovitz György (szerk.) Erdélyi Tamás / Dr. Kollár László – A tartószerkezeti tervezés alapjai. Terhek és Hatások

Online irodalom:

Csorba Gábor (2014.05.30) Ipari padló egypercesek Szálak a felszínen http://iparipadlo.blogspot.com/2014/05/szalak-felszinen.html

Szabványok:

MSZ EN 1990:2011 Tartószerkezetek tervezésének alapjai

MSZ EN 1991-1-3:2016 Tartószerkezeteket érő hatások 1-3. rész: Általános hatások. Hóteher

MSZ EN 1991-1-4:2007 Tartószerkezeteket érő hatások 1-3. rész: Általános hatások. Szélteher

MSZ EN 1992-11:2010 Betonszerkezetek tervezése

MSZ 4798-2016 Beton. Műszaki követelmények, készítés és megfelelőség, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon

MSZ EN 1991-1-5 Darupálya tartók terhei

MSZ EN 1991-1-6 Acél darupálya tartók méretezése

Ábrák:

[1] Vasbeton pillér kialakítások http://www.sw-umwelttechnik.hu/fileadmin/hungary/products/Szerkezetepites/Vasbeton_vazszerkezetek.pdf

[2] KS 1150 FR falpanel https://www.kingspan.com/hu/hu-hu/termekek/szendvicspanel/hoszigetelt-falrendszerek/ks1150-fr-falpanel-lathato-rogzitessel-es-asvanygy

1. HATÁSOK, TERHEK (EC SZERINT)

Eurocode (H) alapján
Előírt tervezési élettartam: **50** év
Élettartam osztály: **4**

1.1 MEGBÍZHATÓSÁGI SZINT

1.1.1 Megbízhatósági, kockázati szint szorzója: K_{FI} = **1,0**

1.2 ÁLLANDÓ HATÁSOK (tartós)

1.2.1 Tetőszerkezet Parciális tényező: γ_{Gsup} = **1,35**

1.2.1.1 Könnyűszerkezetes acél tetőszerkezet

R1 rétegrend	**Vastagság (cm)**	**Testsűrűség (kg/m³)**	**Súly (kN/m²)**
EPDM csap. víz elleni szig.	1 rtg.	-	0,01
Ásványgyapot hőszig.	22	50	0,11
Lég-és párazáró PE fólia	1 rtg.	-	0,02
Acél trapézlemez	15	-	0,20
Gépészet	-	-	0,80
Összesen:			**1,14**

1.2.1.2 Előtető

R5 rétegrend	**Vastagság (cm)**	**Testsűrűség (kg/m³)**	**Súly (kN/m²)**
Acél trapézlemez fedés	4,5	-	0,06
IPE 180 acél szelemen (kg/m)	-	7850	19,50
IPE 300 acél gerenda (kg/m)	-	7850	43,60
Állandó (kN/m²):			**0,06**
Szerkezet (kN/m):			**0,63**

1.2.1.3 Feszített vasbeton tetőszerkezet

TSZ01		**Fejlemez**		**Gerinc**		**Testsűrűség (kN/m²)**
Típus:	**Egy feszített**	**b_f (cm)**	**v_f (cm)**	**v_g (cm)**	**h_g (cm)**	2500
Keresztmetszet		50	17	16	113	**6,65**
Összesen (kN/fm):						

TSZ02		**Fejlemez**		**Gerinc**		**Testsűrűség (kN/m²)**
Típus:	**Egy feszített vb**	**b_f (cm)**	**v_f (cm)**	**v_g (cm)**	**h_g (cm)**	2500
Keresztmetszet		50	17	16	93	**5,85**
Összesen (kN/fm):						

1.2.1.4 Feszített főtartó

FT01		Fejlemez		Gerinc		Testsűrűség (kN/m^2)
Típus:	**Egy feszített vb**	**b_f (cm)**	**v_f (cm)**	**v_g (cm)**	**h_g (cm)**	2500
Keresztmetszet		60	20	16	130	**8,20**

Összesen (kN/fm):

1.2.2 Függőleges szerkezet terhei Parciális tényező: $\gamma_{Gsup} =$ **1,35**

1.2.2.1 Külső fal

R2 rétegrend	**Vastagság (cm)**	**Testsűrűség (kg/m^3)**	**Súly (kN/m^2)**
Szendvicspanel	10	-	0,21
homlokzatburkolat			**1,35**

Összesen:

1.2.2.2 Pillér

Típus:	**Egy. Vb**	**"a" oldal (cm)**	**"b" oldal (cm)**	**Testsűrűség (kN/m^2)**	
Keresztmetszet		60	60	2500	
Összesen:				**9,00**	kN/fm

Parciális tényező: $\gamma_{Gsup} =$ **1,35**

1.2.3 Aljzatszerkezet:

1.2.3.1 Ipari padló

R3 rétegrend	**Vastagság (cm)**	**Testsűrűség (kg/m^3)**	**Súly (kN/m^2)**
Acélszálerősítéses vb	22	2500	5,5
PE fólia *	2 rtg.	-	0,04
Zúzalék ágyazat *	50	1500	7,5
Geotextília *	1 rtg	-	0,12
Feltöltés *	15	1500	2,25
Szerkezet önsúly			**5,5**
Rétegrend összesen			**15,41**

Megjegyzés: a *-gal jelölt rétegek nem terhelik a teherviselő vb lemezt

1.3 ESETLEGES HATÁSOK (Meteorológiai, hasznos, stb terhek)

Parciális tényező: $\gamma_Q =$ **1,50**

1.3.1 Hasznos terhek

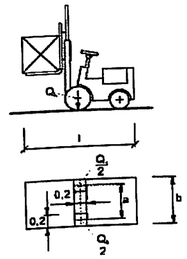
Funkció szerinti besorolás		**Felületen megoszló teher g_k (kN/m^2)**	**Pontszerű teher Q_k (kN)**
"E1"	Raktár	7,50	7,00
"F"	Könnyű gépjárművel járható	2,50	20,00
"G"	Nehézgépjárművel járható	5,00	90,00
"H"	Nem járható tetők ≤10°	0,40	1,00

1.3.2 Járművek tengelyterhei

Targoncák

Targonca	Önsúly (kN)	Szállított súly (kN)	Keréktáv a (m)	Teljes szélesség b (m)	Teljes hossz (m)
FL 1	21	10	0,85	1,00	2,60
FL 2	31	15	0,95	1,10	3,00
FL 3	44	25	1,00	1,20	3,30
FL 4	60	40	1,20	1,40	4,00
FL 5	90	60	1,50	1,90	4,60
FL 6	110	80	1,80	2,30	5,10

Targonca osztály	Tengelyteher
FL 1	26
FL 2	40
FL 3	63
FL 4	90
FL 5	140
FL 6	170



Tengelyteher

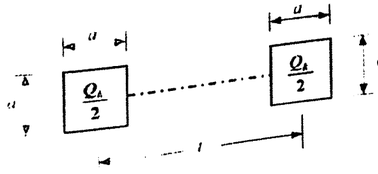
$Q_{dyn} = \varphi Q_k$ (függőleges)

$\varphi =$ **1,4** (gumikerekes)

$\varphi =$ **2,0** (tömör kerekes)

$Q_h = 0{,}3Q_k$ (vízszintes - gyorsítás és fékezés)

Parciális tényező: $\gamma_Q =$ **1,50**



Tengelyteher (Q_k)	26	kN
Terhelt felület	2	db
Terhelt felület élhossza (a)	200	mm
Keréktávolság	0,85	m

A felületen megoszló erő:

Terhelt felület	**0,04**	m^2
Teher	**13**	kN
Fajlagos teherintenzitás	**325**	kN/m^2

1.3.3 Hasznos terhek dinamikus tényezői

Jellemző használat			Vizsgálat szerkezeti elem		Dinamikus tényező φ
"C4" "C5" "E1" "E2"	Összehangolt tömegek által használt területek, tömegrendezvények céljára szolgáló födémterületek, raktárak, ipari csarnokok közbenső födémei		Födém		1,30
			Fal, oszlop		1,10
			Alapozás		1,00
"E1" "E2"	Darupályák függőleges keréknyomása		Födém	v≤ 1,5 m/s v >1,5 m/s	1,20 1,30
			Fal, oszlop	v≤ 1,5 m/s v >1,5 m/s	1,10 1,20
			Alapozás		1,00
"E1" "E2"	Emelővillás targoncák koncentrált terhe	Függőleges	Födém		2,00
		Vízszintes			1,00

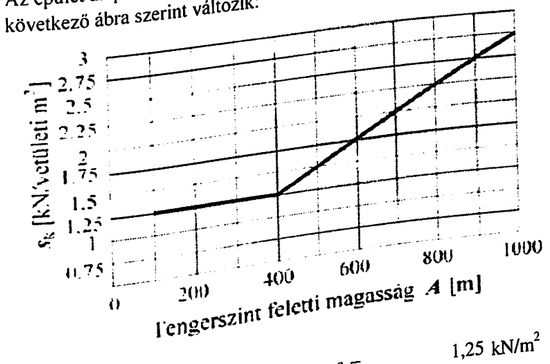
Parciális tényező: $\gamma_Q =$ **1,50**

1.3.4 Hóteher

Tetők hóterhének karakterisztikus értéke: $s = c_e \times c_t \times \mu_i \times s_k$

1.3.4.1 Felszíni hóteher

Az épület alapsíkja 115 mAf, a magasság függvényében a hóteher értéke a következő ábra szerint változik:



Tehát 400 mAf-i magasság alatt $s_k =$ 1,25 kN/m²

400 mAf-i magasság fölött $s_k = 1{,}25 + \frac{A - 400}{400}$ kN/m²

A	**115**	m
s_k	1,25	kN/m²

1.3.4.2 A szél hatását figyelembe vevő tényező

Terep jellege	c_e	(-)
Szokásos	1,00	

A terepviszonyok, a szomszédos építmények és a növényzet miatt a szél nem hordja el jelentős mennyiségben a havat a tetőkről.

1.3.4.3 A hőmérsékleti tényező

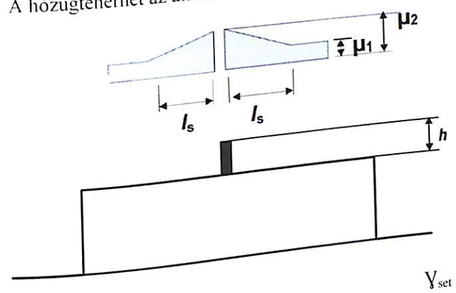
Terep jellege	c_t	
Általában	1,00	(-)

Nagy hőátbocsátású tetőknél (>1 W/m^{2}K), ha a tető alatti tér folyamatosan fűtött, akkor lehet c_t<1,0. Jelen építész tervben a zárófödém hőszigetelt, így c_t = 1,0.

1.3.4.4 Alaki tényezők

1.3.4.4.1 Attikafalas tető alaki tényezői

Az épület attikafalas kialakítása miatt húzugteherrel is kell számolni.
Az attikafal magassága: **85** cm
A hózugteherhet az alábbi táblázat alapján kell számolni:



μ_1 = 0,8

μ_2 = $\gamma_{set} \times \frac{h}{s_k}$

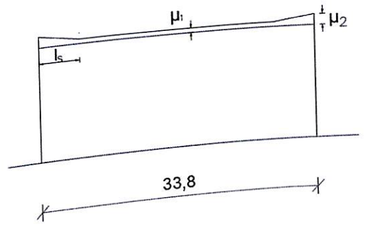
a következő korlátozással:

0,8 $\leq \mu_2 \leq$ 2,0

A hó térfogatsúlya: γ_{set} = 2 kN/m^3
Tető fölé emelkedő akadály magassága: h
Hófelhalmozódás hossza: l_s = 2 × h

5 $\leq l_s \leq$ 15 m

Hózugteher az attikafalnál:



h	**0,85**	m
μ_1	0,80	(-)
μ_2	1,36	(-)

Hózugteher figyelembe veendő hossza:

h	**0,85**	m
l_s	5,00	m

A hóteher alapértékének alaki tényezője az attikafaltól vízszintes értelemben 5 m hosszon 0,8 helyett 0,8 és 1,36 között interpolálódik.

1.3.4.4.2 Előtető alaki tényezői

$\mu_1 =$ 0,8

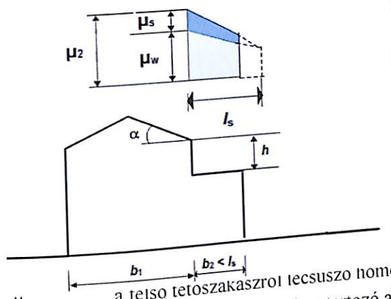
$\mu_2 =$ $\mu_s + \mu_w$

ha $\alpha \leq 15°$ $\mu_s =$ 0

$\mu_w = (b_1 + b_2) / 2 \times h \leq \gamma_{set} \times h / s_k$

$0,8 \leq \mu_w \leq 4,0$

$\gamma_{set} =$ 2 kN/m^3



μ_s a felső felületszakaszról lecsúszó hómennyiséghez tartozó alaki tényező

μ_w a szél átrendező hatásához tartozó alaki tényező

μ_2 konzol végén az alaki tényező

l_s a hófelhalmozódás hossza

Az előtető hajlásszöge $\alpha =$ 3 °

$l_s = \max \{ 5 \text{ m} ; 2 \times h \}$ de $l_s \leq 15$ m

Ez a teherelrendezés akkor érvényes ha $b_2 < l_s$

α	**0**	°
μ_1	0,80	(-)
b_1	102,00	m
b_2	4,50	m
b_3	51,00	m
h	8,50	m
l_s	5,00	m
μ_s	0,00	(-)
μ_w	4,00	(-)
$\mu_s + \mu_w$	4,00	(-)
$\mu_s + \mu_w'$	1,12	(-)

1.3.4.4.3 Tetők hóterhének karakterisztikus értéke

$s = c_e \times c_t \times \mu_i \times s_k$

		μ	**s (kN/m^2)**	**$s_{átl}$ (kN/m^2)**
Tető	μ_1	0,80	1,00	**1,35**
	μ_2	1,36	1,70	
Előtető	$\mu_s + \mu_w$	4,00	5,00	**1,40**
	$\mu_s + \mu_w'$	1,12	1,40	

1.3.4.4.4 Hóteher, mint rendkívüli teher

A vizsgáltat mellőzésének feltétele: $s \geq 0{,}7 \times g_k$

	s (kN/m²)	0,7	g_k (kN/m²)	g_k (kN/m²)	vizsgálat
Tető	1,00	**0,70**	1,14	**0,80**	**igen**
	1,70	**0,70**	1,14	**0,80**	**igen**
Előtető	5,00	**0,70**	0,06	**0,04**	**igen**
	1,40	**0,70**	0,06	**0,04**	**igen**

1.3.4.4.4.1 Kivételes felszíni hóteher tervezési értéke

A tetők kivételes hóterhe a kivételes felszíni hóteherböl ugyanúgy határozható meg, mint szokásos körülmények esetén. Az alaki tényezők változatlanul érvényesek, a felszíni hóteher s_k karakterisztikus értéke helyett s_{Ad} értékét kell használni.

$s_{Ad} = c_{esl} \times s_k$ kN/m²

$c_{esl} = 2$

Kivételes hóteher parciális tényezője: $\gamma_A =$ **1,0**

		μ	s (kN/m²)	s_{Ad} (kN/m²)	
Tető	μ_1	0,80	1,00	**2,00**	kN/m²
	μ_2	1,36	1,70	**3,40**	kN/m²
Előtető	$\mu_s + \mu_w$	4,00	5,00	**10,00**	kN/m²
	$\mu_s + \mu_w'$	1,12	1,40	**2,80**	kN/m²

1.3.4.5 Tető szélén túlnyúló hóból származó többletteher

Az ide vonatkozó előírásokat csak 800 m tengerszint feletti magasság esetén kell figyelembe venni.

1.3.5 Szélteher

1.3.5.1 Torlónyomás meghatározása

Terep (beépítési) kategóriák	
jel	**A terep jellemzése**
III	Alacsony beépítés: külvárosi vagy ipari övezetek; erdők

Épületmagasság:	$z_e =$	**14,31** m
	$c_{dir} =$	1,0 (-)
Átlagos szélsebesség alapértéke:	$c_{season} =$	1,0 (-)
	$v_{b0} =$	23,6 m/s
	$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b0} =$	**23,6** m/s

Átlagos szélsebesség a magasság függvényébn:

Domborzati tényező:	$c_0 =$	1,0
Felületi érdesség mértéke:	$z_0 =$	0,3 m
Minimálisan figyelembe veendő magasság:	$z0_{II} =$	0,05 m

Terepténye̋ző: $k_r = 0{,}19 \times (z_0 / z_{0II})^{0{,}07} =$ 0,215

Érddességi tényező: $c_{rz} = k_r \times \ln(z_e / z_0) =$ 0,832

$v_{mz} = c_{rz} \times c_{0Z} \times v_b =$ **19,646** m/s

Turbulencia hatása

A szélsebesség ingadozásának inenzitási tényezője: $L_{vz} = \frac{1}{c_{0Z} \times \ln(\frac{z_e}{z_0})} =$ 0,259

Torlónyomás alapértéke

A levegő sűrűsége: $\rho =$ **1,25** kg/m^3

$\rho_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times 10^{-3} =$ **0,35** kN/m^2

Torlónyomás csúcsértéke Z magasságban

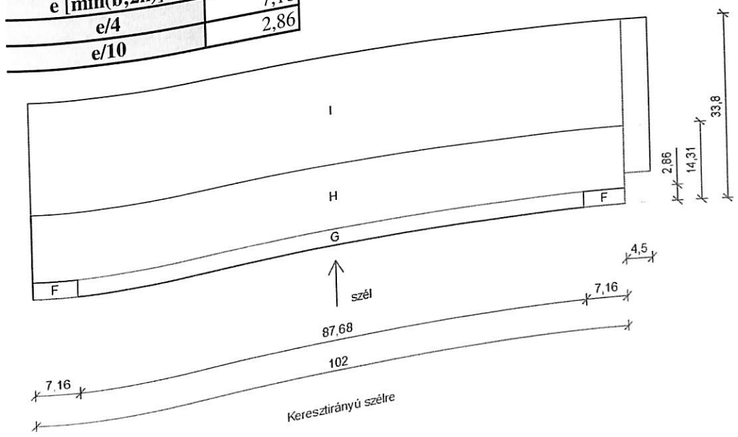
$q_{pz} = (1 + 7 \times L_{vz}) \times \frac{1}{2} \rho \times v_{mz}^2 \times 10^{-3} =$ **0,68** kN/m^2

1.3.5.2 Lapos tető külső nyomási zónái

1.3.5.2.1 Keresztirányú szélre

	(m)
b	102,00
d	33,80
h	14,31
e [min(b;2h)]	28,62
e/4	7,16
e/10	2,86

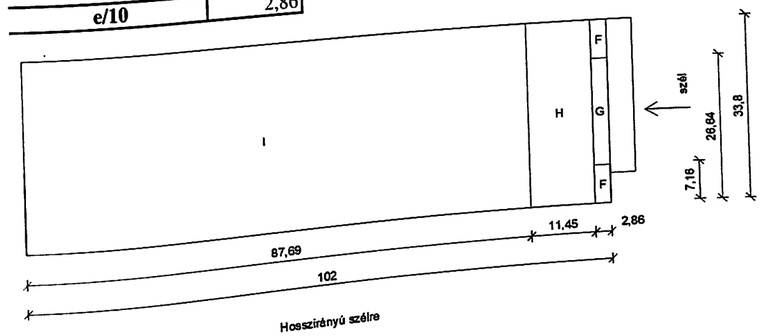
A geometriai feltételekben a "b" mindig a szélirányra merőleges szakasz, "d" pedig a széliránnyal párhuzamos. Az "e/x" szakasz az alábbi rajzokon feltűntetett zónák határait jelöli.



Keresztirányú szélre

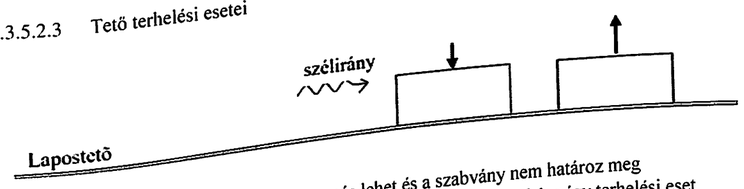
1.3.5.2.2 Hosszirányú szélre

	(m)
b	33,80
d	102,00
h	14,31
e [min(b;2h)]	28,62
e/4	7,16
e/10	2,86



Hosszirányú szélre

1.3.5.2.3 Tető terhelési esetei



Lapostetõ

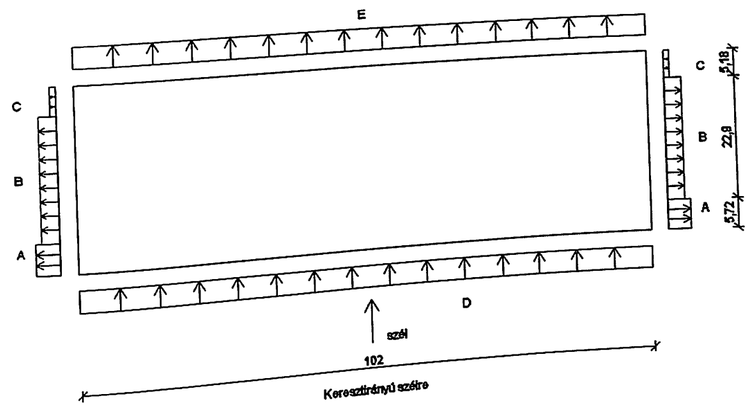
A tetőn csak szélszívás vagy csak szélnyomás lehet és a szabvány nem határoz meg szélvédett oldalon (I, J, K zóna) maximum és minimum értékeket, tehát négy terhelési eset lehetséges:

1. Keresztirányú szívás
2. Keresztirányú nyomás
3. Hosszirányú szívás
4. Hosszirányú nyomás

1.3.5.3 Külső függőleges felületek nyomási zónái

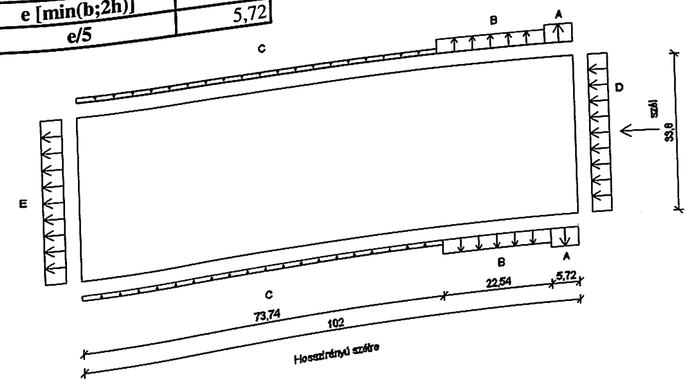
1.3.5.3.1 Alaprajz - Kereszt irányú szélre

	(m)
b	102,00
d	33,80
h	14,31
e [min(b;2h)]	28,62
e/5	5,72



1.3.5.3.2 Alaprajz - Hosszirányú szélre

	(m)
b	33,80
d	102,00
h	14,31
e [min(b;2h)]	28,62
e/5	5,72



1.3.5.4 Torlónyomás az előtetőre

Előtető magassága	$z_e =$	**4,10** m
Átlagos szélsebesség alapértéke:	$c_{dir} =$	1,0 (-)
	$c_{season} =$	1,0 (-)
	$v_{b0} =$	23,6 m/s
	$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b0} =$	**23,6** m/s

Átlagos szélsebesség a magasság függvényébn:

Domborzati tényező:	$c_0 =$	1,0
Felületi érdesség mértéke:	$z_0 =$	0,3 m

Minimálisan figyelembe veendő magasság: $z0_{II}$ = 0,05 m

Terepténye zö: $k_r = 0,19 \times (z_0 / z_{0II})^{0,07}$ = 0,215

Érddességi ténye zö: $c_{rz} = k_r \times \ln(z_e / z_o)$ = 0,563

$v_{mz} = c_{rz} \times c_{0Z} \times v_b$ = **13,292** m/s

Turbulencia hatása

A szélsebesség ingadozásának inenzitási ténye zője: $L_{vz} = \frac{1}{c_{0Z} \times \ln(\frac{z_e}{z_0})}$ = 0,382

Torlónyomás alapértéke

A levegő sürüsége: ρ = **1,25** kg/m^3

$\rho_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times 10^{-3}$ = **0,35** kN/m^2

Torlónyomás csúcsértéke Z magasságban

$q_{pz} = (1 + 7 \times L_{vz}) \times \frac{1}{2} \rho \times v_{mz}^2 \times 10^{-3}$ = **0,41** kN/m^2

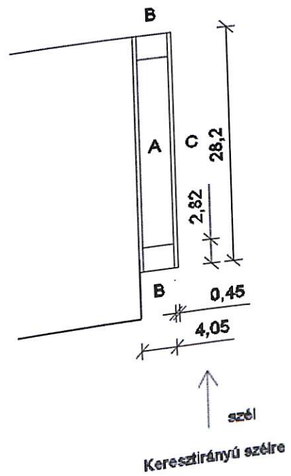
1.3.5.5 Előtető nyomási zónái

Tetősík hajlásszöge: α = 3 °

Az előtető felülete: A_{ref} = 126,9 m^2

1.3.5.5.1 Keresztirányú szélre

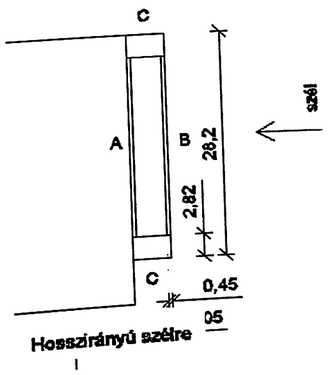
	(m)
b	4,50
d	28,20
h	4,10
b/10	0,45
d/10	2,82



Keresztirányú szélre

1.3.5.5.2 Hosszirányú szélre

	(m)
b	28,20
d	4,50
h	4,10
b/10	2,82
d/10	0,45



1.3.5.6 Felületi szélsúrlódás

A felületi szélsúrlódásból származó erő figyelmen kívül hagyható, ha a széliránnyal párhuzamos (vagy azzal csak kis szöget bezáró) összes felület kisebb vagy egyenlő, mint az összes szélirányra merőleges külső, függőleges felület (a szélárnyékos oldalt is beleértve).

$\sum A_{paralel} \leq 4 \times \sum A_{perpendicular}$

1.3.5.6.1 Keresztirányú szél

		felület	
h (m)	**szélesség (m)**	**párhuzamos (m^2)**	**merőleges (m^2)**
14,31	33,80	483,68	-
14,31	33,80	483,68	-
14,31	102,00	-	1459,62
14,31	102,00	-	1459,62
14,31		967,356	2919,24
összesen:			

A szélsúrlódás figyelmen kívül hagyható.

1.3.5.6.2 Hosszirányú szél

		felület	
h (m)	**szélesség (m)**	**párhuzamos (m^2)**	**merőleges (m^2)**
14,31	102,00	1459,62	-
14,31	102,00	1459,62	-
14,31	33,80	-	483,68
14,31	33,80	-	483,68
14,31		2919,24	967,356
összesen:			

A szélsúrlódás figyelmen kívül hagyható.

1.3.5.6.3 A szélsúrlódáshoz tartozó referencia felület

Zárt épületeknél az épület körüli légáramlatok sajátosságai miatt kieső felületrészekkel csökkentett, széliránnyal párhuzamos külső felület a következő ábra szerint mérhető.

A szélsúrlódáshoz tartozó erőt egységnyi felületre kell kiszámolni (m^2).

	(m)
b	102,00
d	33,80
h	14,31
min (b; 2×h)	28,62

1.3.5.7 Alaki tényezők

1.3.5.7.1 Tető

Lapos tetőre vonatkozó táblázatból interpolálva

h_p = 0,85 m
h = 13,46 m

h_p / h	0,063	szívás	nyomás	
F	$c_{pe,10}$	-1,35	-	(-)
	$c_{pe,1}$	-1,95	-	(-)
G	$c_{pe,10}$	-0,87	-	(-)
	$c_{pe,1}$	-1,55	-	(-)
H	$c_{pe,10}$	-0,70	-	(-)
	$c_{pe,1}$	-1,20	-	(-)
I	c_{pe}	-0,20	0,2	(-)

1.3.5.7.2 Falak

A fali külső szélnyomás értékek függnek a h/d aránytól.

	h/d		
keresztir.	0,42	0,25 < h/d > 1	(-)
hosszir.	0,14	< 0,2	(-)

Hosszirány		szívás	nyomás	
A	$c_{pe,10}$	-1,20	-	(-)
	$c_{pe,1}$	-1,40	-	(-)
B	$c_{pe,10}$	-0,80	-	(-)
	$c_{pe,1}$	-1,10	-	(-)
C	$c_{pe,10}$	-0,50	-	(-)
	$c_{pe,1}$	-0,50	0,7	(-)
D	$c_{pe,10}$	-	1,00	(-)
	$c_{pe,1}$	-0,30	-	(-)
E	$c_{pe,10}$	-0,30	-	(-)
	$c_{pe,1}$			

1.3.5.7.3 Előteteő

α	3	szívás	nyomás	
A	$c_{p,\ net}$	-1,56	0,68	(-)
B	$c_{p,\ net}$	-2,04	1,98	(-)
C	$c_{p,\ net}$	-2,38	1,22	(-)
Erőtényező	$c_{pe,1}$	-1,36	0,32	(-)

Az alaki tényező jellemzője φ = 1, ezzel vesszük figyelembe, hogy a szabadon álló tető a falhoz kapcsolódik (torlaszhatás)

Az előtetőn egyaránt felléphet szívás és nyomás is, minden teheresetben a kedvezőtlenebbet kell figyelembe venni.

1.3.5.8 Külső felületi szélnyomás

Megkapjuk a torlónyomás és az alaki tényező szorzataként. $w_e = q_{p(z)} \times c$

1.3.5.8.1 Tető

α	3	szívás	nyomás	$q_{p(z)}$ kN/m^2)	w_e (kN/m^2)	w_e (kN/m^2)
F	$c_{pe.10}$	-1,35	-	0,68	**-0,91**	-
	$c_{pe.1}$	-1,95	-	0,68	**-1,32**	-
G	$c_{pe.10}$	-0,87	-	0,68	**-0,59**	-
	$c_{pe.1}$	-1,55	-	0,68	**-1,05**	-
H	$c_{pe.10}$	-0,70	-	0,68	**-0,47**	-
	$c_{pe.1}$	-1,20	-	0,68	**-0,81**	-
I	c_{pe}	-0,20	0,2	0,68	**-0,14**	**0,14**

1.3.5.8.2 Fal

		szívás	nyomás	$q_{p(z)}$ kN/m^2)	w_e (kN/m^2)	w_e (kN/m^2)
A	$c_{pe.10}$	-1,20	-	0,68	**-0,81**	-
	$c_{pe.1}$	-1,40	-	0,68	**-0,95**	-
B	$c_{pe.10}$	-0,80	-	0,68	**-0,54**	-
	$c_{pe.1}$	-1,10	-	0,68	**-0,75**	-
C	$c_{pe.10}$	-0,50	-	0,68	**-0,34**	-
	$c_{pe.1}$	-0,50	0,7	0,68	-	**0,47**
D	$c_{pe.10}$	-	1,00	0,68	-	**0,68**
	$c_{pe.1}$	-	-	0,68	**-0,20**	-
E	$c_{pe.10}$	-0,30	-	0,68	**-0,20**	-
	$c_{pe.1}$	-0,30	-			

1.3.5.8.3 Előtető

α	3	szívás	nyomás	$q_{p(z)}$ kN/m^2)	w_e (kN/m^2)	w_e (kN/m^2)
A	$c_{p,net}$	-1,34	0,68	0,41	**-0,54**	**0,28**
B	$c_{p,net}$	-1,68	1,98	0,41	**-0,68**	**0,80**
C	$c_{p,net}$	-2,20	1,22	0,41	**-0,89**	**0,50**

2. MÉRTÉKADÓ HATÁSKOMBINÁCIÓK MEGHATÁROZÁSA

2.1 Hatások (terhek) felvételének módja

2..1.1 Állandó hatások

Főtartók terhei - pontosan számítva

Alaplemez önsúlya - ténylegesen tervezett vastagság alapján automatikusan korrigálva

Rétegrendek terhei

Pillérek terhei - pontosan számítva

2..1.2 Hasznos terhek

Funkcióból adódó szabványos terhek
teljes területen elhelyezve növelő szorzóval

2..1.3 Meterológiai terhek

Szélteher
Hóteher

2.2 Parciális tényezők

2..2.1 Parciális tényezők alkalmazása
- pillér igénybevételének számításakor
- peremgerenda igénybevételeinek számításakor
- alapozás maximális terhe számításakor
- főtartók méretezésekor
- tetőszelemen méretezésekor
- épület merevítés számításakor

2.2.2 Alapértékek figyelembevétele
- tetőszelemen lehajlása számításakor
- főtartók lehajlása számításakor
- peremgerenda lehajlása számításakor

2..2.2 Dinamikus tényezők alkalmazása

A hasznos terhek karakterisztikus értékei általános esetben tarttalmazzák a födémterület funkciójának megfelelő, szokásos működési körülmények esetén fellépő dinamikus hatásokat is.

2.3 Tehercsoportot létrehozása

Az Axis VM X4 programmal a teljes épület összes állandó terhének és automatikusan felvett önsúlyának figyelembevételével egyidőben az összes változó terhet az összes, fizikailag lehetséges variációban elhelyezzük és ebből képzünk maximális és minimális igénybevételeket.

A fizikailag egyszerre nem létező terhelési eseteket kizárjuk.

2.3.1 Alkalmazott tehercsoportosítások

2.3.1.1 Tetőszerkezet

Tető

R1 rétegrend	pa	kN/m²	γ	ψ0	ψ2
állandó teher	$G_{d,sup}$	0,14	1,35	-	-
önsúly	$G_{d,sup}$	0,20	1,35	-	-
állandó teher	$G_{d,inf}$	0,14	1,00	-	-
önsúly	$G_{d,inf}$	0,20	1,00	-	-
hóteher	s	változó	1,35	0,50	0,00
szélteher	w	változó	1,35	0,60	0,00

Előtető

R5 rétegrend	pa	kN/m² (kN)	γ	ψ0	ψ2
állandó teher	$G_{d,sup}$	0,06	1,35	-	-
szelemen súlya (kN)	$G_{d,sup}$	0,20	1,35	-	-
önsúly (kN)	$G_{d,sup}$	0,44	1,35	-	-
állandó teher	$G_{d,inf}$	0,06	1,00	-	-
szelemen súlya (kN)	$G_{d,inf}$	0,20	1,00	-	-
önsúly (kN)	$G_{d,inf}$	0,44	1,00	-	-
hóteher	s	változó	1,35	0,50	0,00
szélteher	w	változó	1,35	0,60	0,00

Feszített tetőszelemen

TSZ01	pa	kN/m² (kN)	γ	ψ0	ψ2
állandó teher	$G_{d,sup}$	1,14	1,35	-	-
önsúly (kN)	$G_{d,inf}$	6,65	1,35	-	-
állandó teher	$G_{d,inf}$	1,14	1,00	-	-
önsúly (kN)	$G_{d,inf}$	6,65	1,00	-	-
hóteher	s	változó	1,35	0,50	0,00
szélteher	w	változó	1,35	0,60	0,00

TSZ02	pa	kN/m² (kN)	γ	ψ0	ψ2
állandó teher	$G_{d,sup}$	1,14	1,35	-	-
önsúly (kN)	$G_{d,inf}$	5,85	1,35	-	-
állandó teher	$G_{d,inf}$	1,14	1,00	-	-
önsúly (kN)	$G_{d,inf}$	5,85	1,00	-	-
hóteher	s	változó	1,35	0,50	0,00
szélteher	w	változó	1,35	0,60	0,00

Főtartó

FT	pa	kN/m² (kN)	Y	ψ_0	ψ_2
állandó teher	$G_{d.sup}$	1,14	1,35	-	-
tetőszelemen súlya	$G_{d.sup}$	változó	1,35	-	-
önsúly (kN)	$G_{d.inf}$	8,20	1,35	-	-
állandó teher	$G_{d.inf}$	1,14	1,00	-	-
tetőszelemen súlya	$G_{d.inf}$	változó	1,00	-	-
önsúly (kN)	$G_{d.inf}$	8,20	1,00	-	-
hóteher	s	változó	1,35	0,50	0,00
szélteher	w	változó	1,35	0,60	0,00

Pillér

PT0	pa	kN/m² (kN)	Y	ψ_0	ψ_2
állandó teher	$G_{d.sup}$	1,14	1,35	-	-
tetőszelemen súlya	$G_{d.sup}$	változó	1,35	-	-
főtartó súlya	$G_{d.sup}$	változó	1,35	-	-
önsúly (kN)	$G_{d.inf}$	9,00	1,35	-	-
állandó teher	$G_{d.inf}$	1,14	1,00	-	-
tetőszelemen súlya	$G_{d.inf}$	változó	1,00	-	-
főtartó súlya	$G_{d.inf}$	változó	1,00	-	-
önsúly (kN)	$G_{d.inf}$	9,00	1,00	-	-
hóteher	s	változó	1,35	0,50	0,00
szélteher	w	változó	1,35	0,60	0,00

2.3.1.2 Aljzatszerkezet

Ipari padló

R3 rétegrend	pa	kN/m²	Y	ψ_0	ψ_2
állandó teher	$G_{d.sup}$		1,35	-	-
önsúly	$G_{d.sup}$	5,5	1,35	1	0,8
hasznos teher	q_k	2,5	1,5	1	1
járműteher (kN)	Q_k	26,0	1,5		

2.3.2 Teherkombinációk képletei

2.3.2.1 Tartós tervezési állapot szerint

$$F_{sd} = \sum 1{,}35 \times G_{kj} + \gamma_p \times P_k + 1{,}5 \times \psi_{01} \times Q_{k1} + \sum 1{,}5 \times \psi_{0i} \times Q_{ki}$$

vagy

$$F_{sd} = \sum 1{,}15 \times G_{kj} + \gamma_p \times P_k + 1{,}5 \times Q_{k1} + \sum 1{,}5 \times \psi_{0i} \times Q_{ki}$$

2.3.2.2 Rendkívüli tervezési állapot (tűz, ütközés) szerint

$$F_{sd} = \left(\sum \gamma_{GAj} \times Gkj + \gamma_{pA} \times P_k + A_d + \gamma_{QA1} \times \psi_{11} \times Q_{k1} + \sum \gamma_{QA1} \times \psi_{2i} \times Q_{ki} \right) \times \gamma_{sd}$$

2.3.2.3 Szeizmikus tervezési állapotban

$$F_{sd} = \left(\sum G_{kj} + P_k + \gamma_I \times A_{Ed} + \sum \psi_{2i} \times Q_{ki} \right) \times \gamma_{sd}$$

2.3.2.4 Karakterisztikus kombinációban

$$F_{ser} = \sum G_{kj} + P_k + Q_{k1} + \sum \psi_{0i} \times Q_{ki}$$

2.3.2.5 Gyakori kombinációban

$$F_{ser} = \sum G_{kj} + P_k + \psi_{11} \times Q_{k1} + \sum \psi_{2i} \times Q_{ki}$$

2.3.2.6 Kvázi állandó

$$F_{ser} = \sum G_{kj} + P_k + \sum \psi_{2i} \times Q_{ki}$$

3. Trapézlemez méretezése

3.1 Önsúly teher a trapézlemez méretezéséhez

$G_{ULS} = (g_1 \times g_2 \times g_3) \times t =$ 0,46 kN/m

$G_{SLS} = (g_1 \times g_2 \times g_3) \times t =$ 0,34 kN/m

3.2 Hóteher

$F_{hó}^{ULS} = 1,5 \times s \times 1,0 =$ 2,55 kN/m

$F_{hó}^{SLS} = 1,0 \times s \times 1,0 =$ 1,70 kN/m

3.3 Szélteher

F zóna

$F_{szél}^{ULS} = 1,5 \times q_{pz} \times c_{pe} =$ -1,98 kN/m

$F_{szél}^{SLS} = 1,0 \times q_{pz} \times c_{pe} =$ -1,32 kN/m

H zóna

$F_{szél}^{ULS} = 1,5 \times q_{pz} \times c_{pe} =$ -1,22 kN/m

$F_{szél}^{SLS} = 1,0 \times q_{pz} \times c_{pe} =$ -0,81 kN/m

I zóna

$F_{szél}^{ULS} = 1,5 \times q_{pz} \times c_{pe} =$ 0,20 kN/m

$F_{szél}^{SLS} = 1,0 \times q_{pz} \times c_{pe} =$ 0,14 kN/m

3.4 Teherbírási határállapot

$Q_{ULS} = G_{ULS} + F_{we} =$ 2,44 kN/m

$Q_{ULS} = G_{ULS} + F_{we} =$ 1,68 kN/m

$Q_{ULS} = G_{ULS} + F_{hó}^{ULS} + \Psi_0 \times F_{szél}^{ULS}$: 3,13 kN/m

3.5 Használhatósági határállapot

$Q_{SLS} = G_{SLS} + F_{hó}^{SLS} + \Psi_0 \times F_{szél}^{SLS} =$ 2,12 kN/m

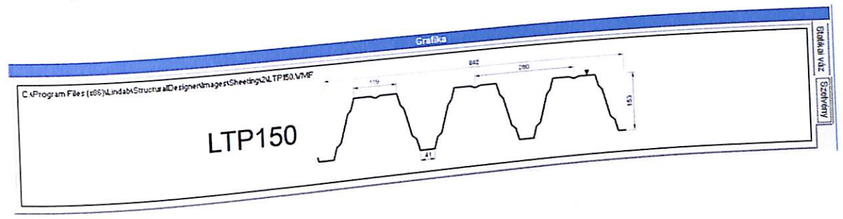
3.6 Teherbírási határállapot:

$Q_{ULS} =$ 3,13 kN/m^2 < 5,432 kN/m^2

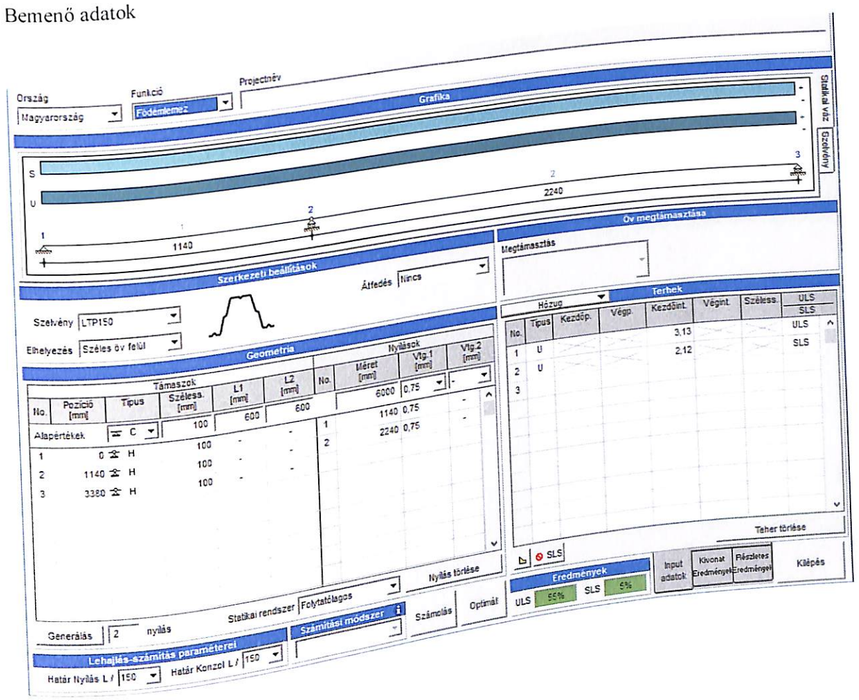
$Q_{SLS} =$ 2,12 kN/m^2 < 3,885 kN/m^2

3.7 Trapézlemez méretezése LINDAB Structural Designer 1.5.1 programmal

Szelvény méret

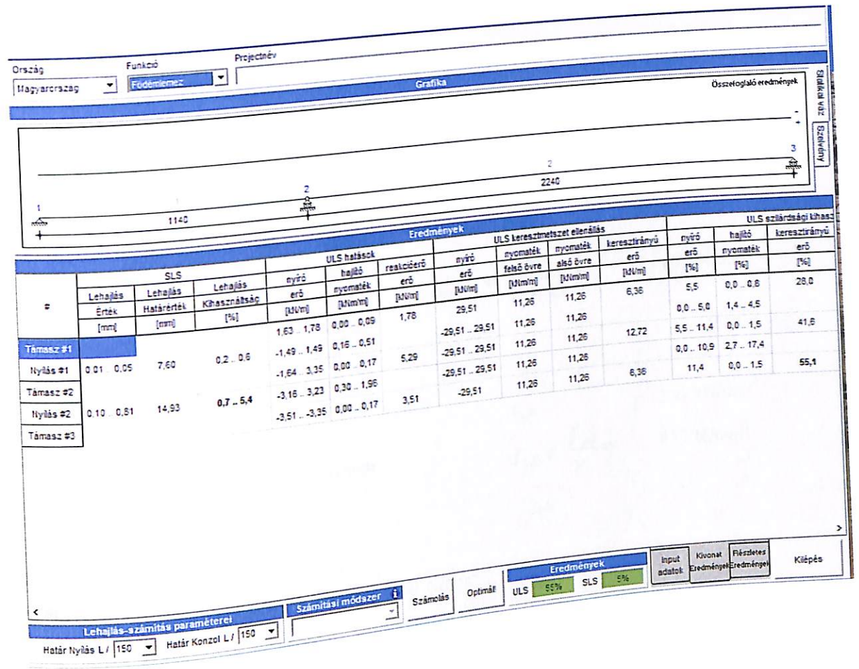


Bemenő adatok



Részletes statikai számítás

Kivonat eredmények



4. KÉZI SZÁMÍTÁS

4.1 Feszített tetőszelemen számítása

4.1.1 Kiindulási adatok

4.1.1.1 Beton

40/50

γ_c =	1,5		E_{cm} =	35	kN/mm^2
γ_{conc} =	25	kN/m^3	φ_t =	2	
f_{ck} =	40	N/mm^2	ε_{cst} =	0,0005	
f_{cd} =	26,7	N/mm^2	$E_{ceff} = \frac{E_{cm}}{1+\varphi_t}$ =	11,67	kN/mm^2
f_{ctm} =	3,5	N/mm^2			
f_{ctd} =	1,6	N/mm^2			

4.1.1.2 Betonacél

B500B

γ_s =	1,15		E_s =	200	kN/mm^2
f_{yk} =	500	N/mm^2	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$ =	435	N/mm^2

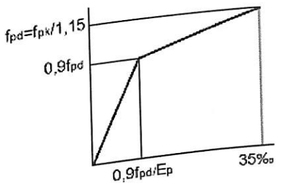
4.1.1.3 Feszítőpászma

Fp 150/1860

f_{pk} =	1860	N/mm^2
$f_{pd} = \frac{f_{pk}}{\gamma_s}$ =	1617,4	N/mm^2
$0,9 \times f_{pd}$ =	1455,65	N/mm^2

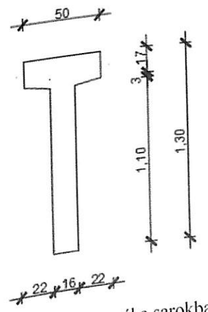
Kezdeti feszültség

σ_{p0} =	1300	N/mm^2
E_p =	190	kN/mm^2
α_{pT} =	1×10^{-5}	1/K



4.1.1.4 Keresztmetszet

Fejlemez	b_f =	500	mm
	v_f =	170	mm
Gerinc	v_g =	160	mm
	h_g =	1130	mm
A tartó teljes magassága	$H=h_g + v_f$ =	1300	mm



4Ø22-os betonacél a sarokban
7db Fp 150/1860 feszítőpászma

Húzott betonacélok eredője az alsó szélső száltól

a_s = 60 mm

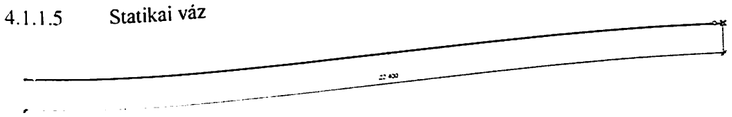
A_s = 1520 mm^2

Feszítőpászmák eredője az alsó szélső száltól

a_p = 114 mm

A_p = 1050 mm^2

4.1.1.5 Statikai váz



Tartó támaszköze L = 22,4 m

4.1.1.6 Mértékadó igénybevételek

M_{Edg1} = 379,78 kNm

Feszítőerő ráengedésekor (önsúlyból)

Végleges állapot M_{EdULS} = 2284,09 kNm

Teherbírás számításhoz
$0,85 \times 1,35 \times (G + G_{rtg}) + 1,5 \times Q_{hó} + 1,5 \times 0,6 \times Q_{szélkd}$

Repedezettségi állapotának vizsgálathoz M_{EdSLS} = 1159,69 kNm
$1 \times (G + G_{rtg}) + \psi_1 \times Q_{hó}$

$M_{EdSLS\,k}$ = 1023,29 kNm

Lehajlás számításhoz
$1 \times (G + G_{rtg})$

V_{EdULS} = 421,31 kN

Mértékadó nyíróerő
$0,85 \times 1,35 \times (G + G_{rtg}) + 1,5 \times Q_{hó} + 1,5 \times 0,6 \times Q_{szélkd}$

4.1.2 Keresztmetszeti adatok számítása

$\alpha_{st} = \frac{E_s}{E_{ceff}} =$ 17,1

Kizsaluzás után:

$\alpha_{st0} = \frac{E_s}{E_{cm}} =$ 5,7

$\alpha_{pt} = \frac{E_p}{E_{ceff}} =$ 16,3

$\alpha_{pt0} = \frac{E_p}{E_{cm}} =$ 5,4

Tiszta betonkeresztmetszet

$A_c = b_f \times v_f + h_g \times v_g =$ 265800 mm^2

$y_{sc} = \frac{b_f \times v_f + (H - 0,5 \times v_f) + h_g \times v_g \times 0,5 \times h_g}{A_c} =$ 772,9 mm^2

$$I_c = \frac{b_f \times v_{f3}}{12} + (H - ysc - 0{,}5 \times v_f)^2 \times bf \times vf + \frac{v_g \times hg_3}{12}$$
$$(y_{sc} - 0{,}5 \times hg)^2 \times vg \times hg =$$

I_c = 43871401215 mm^4

t = 0 időpontban (kizsaluzás utáni) ideális betonkeresztmetszet jellemzői

$A_{it0} = A_c + (\alpha_{st0} - 1) \times A_s + (\alpha_{pt0} - 1) \times A_p =$ 277615,71 mm^2

$$y_{it0} = \frac{A_c \times y_{sc} + (\propto_{st0} - 1) \times A_s \times a_s + (\propto_{pt0} - 1) \times A_p \times a_p}{A_{it}} = 743{,}43 \text{ mm}^2$$

$$I_{it0} = I_c + (y_{sc} - y_{it0})^2 \times A_c + (\alpha_{st0} - 1) \times (y_{it0} - as)^2 \times A_s + (\alpha_{pt0} - 1) \times (y_{it0} - a_p)^2 \times A_p =$$

I_{it0} = 49289176998 mm^4

t = végtelen időpont (tartó élete során) ideális betonkeresztmetszet jellemzői

$A_{it} = A_c + (\alpha_{st} - 1) \times A_s + (\alpha_{pt} - 1) \times A_p =$ 306312,91 mm^2

$$y_{it} = \frac{A_c \times y_{sc} + (\propto_{st0} - 1) \times A_s \times a_s + (\propto_{pt0} - 1) \times A_p \times a_p}{A_{it}} = 681{,}42 \text{ mm}^2$$

$$I_{it} = I_c + (y_{sc} - y_{it})^2 \times A_c + (\alpha_{st} - 1) \times (y_{it} - as)^2 \times A_s + (\alpha_{pt} - 1) \times (y_{it} - a_p)^2 \times A_p =$$

I_{it} = 60702983739 mm^4

4.1.3 Tartó ellenőrzése feszítési állapotban (t=0)

4.1.3.1 Terhelési adatok, igénybevételek

M_{Edg1} = 379,78 kNm = 379780000 Nmm

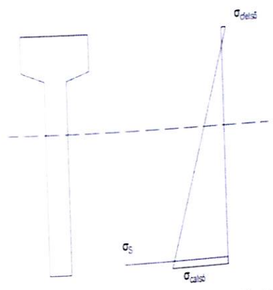
$P_0 = \sigma_{p0} \times A_p =$ 1365 kN = 1365000 N

4.1.3.2 Feszültségek számítása

$$\sigma_{cfelsőt0} = -\frac{P_0}{A_{it0}} + \frac{P_0 \times (y_{it0} - a_p)}{I_{it0}} \times (H - y_{it0}) - \frac{M_{g1}}{I_{it0}} \times (H - y_{it0}) = 0{,}49 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{calsőt0} = -\frac{P_0}{A_{it0}} - \frac{P_0 \times (y_{it0} - a_p)}{I_{it0}} \times (y_{it0}) + \frac{M_{g1}}{I_{it0}} \times (y_{it0}) = -12{,}14 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{st0} = \alpha_{st0} \times \left(-\frac{P_0}{A_{it0}} - \frac{P_0 \times (y_{it0} - a_p)}{I_{it0}} \times (y_{it0} - a_s) + \frac{M_{g1}}{I_{it0}} \times (y_{it0} - a_s) \right) = -66{,}05 \text{ N/mm}^2$$



$\sigma_{cfelsőt0}$ =	0,49	≤	f_{ctd} =	1,6	Megfelelt
$\sigma_{calsőt0}$ =	-12,14	≤	0,6×f_{ck} =	24	Megfelelt
σ_{st0} =	-66,05	≤	f_{yd}=	435	Megfelelt

4.1.4 Feszültségek meghatározása

4.1.4.1 Hőérlelésből keletkező feszültségveszteség

E_p = 190 kN/mm^2 ΔT = 40 K

α_{pT} = 0,00001 1/K $\Delta\sigma_{pT} = \alpha_{pT} \times \Delta T \times E_p$ = 76 N/mm^2

4.1.4.2 Zsugorodásból, kúszásból és relaxációból keletkező veszteségek

Relaxációból keletkező feszültségveszteség

$t_{év}$ = 50 év

$t_p = t_{év} \times 365 \times 25{,}24$ = 438300 óra

ρ_{1000} = 0,025 (feszítőpászmák esetében)

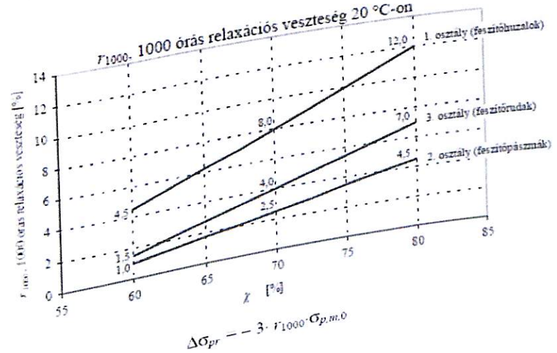
A = 0,66 (feszítőpászmák esetében)

B = 9,1

Relaxációból származó feszültségveszteség

$\mu = \frac{\sigma_{p0}}{f_{pk}}$ = 0,7

$$\Delta\sigma_{pr} = A \times \frac{\sigma_{p0}}{1000} \times \rho_{1000} \times e^{B\times\mu} \times \left(\frac{t_p}{1000}\right)^{0{,}75\times(1-\mu)} = 49{,}2 \text{ N/mm}^2$$



M_{EdSLS} = 1023,29 kNm

$$\sigma_{cg} = \frac{M_{EdSLS}}{I_{it0}} \times (y_{it0} _ a_p) = \quad 13{,}06 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{cp0} = -\frac{P_0}{A_{it0}} - \frac{P_0 \times (yit_0 _ a_p)}{I_{it0}} \times (y_{it0} _ a_p) = \quad -15{,}88 \quad \text{N/mm}^2$$

$z_{cp} = y_{sc} - a_p$ = 658,58 mm

$$\Delta\sigma_{pcsr} = \frac{\varepsilon_{cst} \times E_p + \Delta\sigma_{pr} + \alpha_{pt0} \times \varphi_t \times |\sigma_{cg} + \sigma_{cp0}|}{1 + \alpha_{pt0} \times \frac{A_p}{A_c} \times \left(1 + \frac{A_c}{I_c} \times z_{cp2}\right) \times (1 + 0{,}8 \times \varphi_t)} = \quad 145{,}37 \text{ N/mm}^2$$

Hatásos feszítőerő és feszítési hányad

$\sigma_{peff} = \sigma_{p0} - \Delta\sigma_{pt} - \Delta\sigma_{pcsr}$ = 1078,63 N/mm^2

$$\nu = \frac{\sigma_{peff}}{\sigma_{p0}} = \quad 82{,}97 \ \%$$

4.1.5 Tartó ellenőrzése használati állapotban t = végtelen

Tartóra ható erők, igénybevételek

$P_{eff} = \sigma_{peff} \times A_p$ = 1132,56 kN

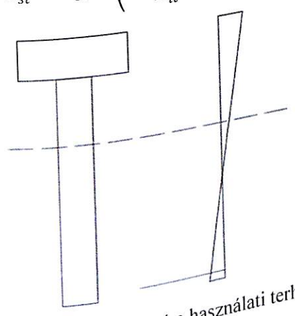
M_{EdSLS} = 1159,69 kNm

Feszültségek számítása

$$\sigma_{cfelsőt} = -\frac{P_{eff}}{A_{it}} + \frac{P_{eff} \times (y_{it} - a_p)}{I_{it}} \times (H - y_{it}) - \frac{M_{qp}}{I_{it}} \times (H - y_{it}) = \text{-8,97} \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{calsót} = -\frac{P_{eff}}{A_{it}} - \frac{P_{eff} \times (y_{it} - a_p)}{I_{it}} \times (y_{it}) + \frac{M_{qp}}{I_{it}} \times (y_{it}) = \quad 2{,}11 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{st} = \alpha_{st} \times \left(-\frac{P_{eff}}{A_{it}} - \frac{P_{eff} \times (y_{it} - a_p)}{I_{it}} \times (y_{it} - a_s) + \frac{M_{qp}}{I_{it}} \times (y_{it} - as)\right) = \quad 27{,}33 \text{ N/mm}^2$$



$\sigma_{cfelsőt0}$ =	-8,97	≤	f_{cd} =	26,7	Megfelel
$\sigma_{calsőt0}$ =	2,11	≤	f_{ctd} =	1,6	NFM
σ_{st0} =	27,33	≤	f_{yd} =	435	Megfelel

A tartó a használati terhekre megreped.

4.1.5.1 Alakváltozás közelítő ellenőrzése

p_{qp} = 18,49 kN/m

Megoszló terhekből keletkező lehajlás

$$e_{qp} = \frac{5}{384} \times \frac{P_{qp} \times L^4}{E_{c\,eff} \times Iit} = \quad 85,59 \text{ mm}$$

Hatásos feszítőeröből keletkező felhajlás

$$e_p = \frac{1}{8} \times \frac{P_{eff} \times (y_{it} - ap) \times L^2}{Ec_{eff} \times Iit} = \quad 56,89 \text{ mm}$$

Lehajlás

$$e_{Ed} = e_{qp} - ep = \quad 28,70 \text{ mm} \quad < \quad \frac{L}{250} = \quad 89,6 \text{ mm}$$

Megfelel

4.1.6 Tartó ellenőrzése törési határállapotban (ULS) t = végtelen

4.1.6.1 Betonacélok és pászmák nyúlásának meghatározása hatásos feszítőeröből

$$\varepsilon_{speff} = \frac{\alpha_{st}}{E_s} \times \left(-\frac{P_{eff}}{A_{it}} - \frac{P_{eff} \times (y_{it} - a_p)}{I_{it}} \times (y_{it} - a_s) \right) = \quad -0,0009$$

$$\varepsilon_{ppeff} = \frac{\sigma_{peff}}{E_p} + \frac{\alpha_{pt}}{E_p} \times \left(\frac{P_{eff}}{A_{it}} - \frac{P_{eff} \times (y_{it} - a_p)}{I_{it}} \times (y_{it} - a_p) \right) = 0,00485$$

Felvett nyomott betonzóna magassága

x_c = 100 mm

Betonacélok teljes nyúlása törési állapotban

$$\varepsilon_{s0} = \frac{0,0035 \times (H - 1,25 \times x_c - a_s)}{1,25 \times x_c} = \quad 0,03122$$

$\varepsilon_s = \varepsilon_{s0} + \varepsilon_{speff}$ = 0,030342

A pászmák teljes megnyúlása

$$\varepsilon_{p0} = \frac{0,0035 \times (H - 1,25 \times x_c - a_p)}{1,25 \times x_c} = \quad 0,0297$$

$\varepsilon_p = \varepsilon_{p0} + \varepsilon_{ppeff}$ = 0,0345457

ε_{p1} = 7,66 ‰

ε_{pu} = 35 ‰

f_{pd} = 1617,39 N/mm^2

$0,9 \times f_{pd}$ = 1455,65 N/mm^2

Pászmafeszültség

$$\sigma_p = 0,9 \times f_{pd} + \frac{\varepsilon_{p0} - \varepsilon_{p1}}{\varepsilon_{pu} - \varepsilon_{p1}} \times (f_{pd} - 0,9 \times f_{pd}) = \quad 1586,0358 \text{ N/mm}^2$$

4.1.6.2 Belső erők

Beton:

$N_c = b_f \times x_c \times f_{cd} =$ 1335,00 kN

$H_s = A_s \times f_{yd} =$ 661,20 kN

$H_p = A_p \times \sigma_p =$ 1665,34 kN

$\Delta F = - N_c + H_s + H_p =$ 991,54 kN

Felvett nyomott betonzóna magassága

$x_c =$ 200 mm

$$\varepsilon_{s0} = \frac{0{,}0035 \times (H - 1{,}25 \times x_c - a_s)}{1{,}25 \times x_c} = 0{,}01386$$

$\varepsilon_s = \varepsilon_{s0} + \varepsilon_{speff} =$ 0,012982

Pászmák teljes megnyúlása törési állapotban

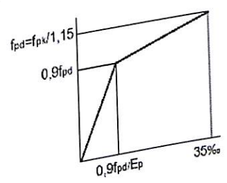
$$\varepsilon_{p0} = \frac{0{,}0035 \times (H - 1{,}25 \times x_c - a_p)}{1{,}25 \times x_c} = 0{,}0131$$

$\varepsilon_p = \varepsilon_{p0} + \varepsilon_{ppeff} =$ 0,0179457

$f_{pd} =$ 1617,4 N/mm^2 $0{,}9 \times f_{pd} =$ 1455,65 N/mm^2

$$\varepsilon_{p1} = \frac{0{,}9 \times (f_{pd})}{E_p} = 7{,}66\ ‰$$

$\varepsilon_{pu} =$ 35 ‰



Pászmafeszültség

$$\sigma_p = 0{,}9 \times f_{pd} + \frac{\varepsilon_{p0} - \varepsilon_{p1}}{\varepsilon_{pu} - \varepsilon_{p1}} \times (f_{pd} - 0{,}9 \times f_{pd}) = 1487{,}8281\ \text{N/mm}^2$$

4.1.6.3 Belső erők

Beton:

$N_c = b_f \times x_c \times f_{cd} =$ 2670,00 kN

$H_s = A_s \times f_{yd} =$ 661,20 kN

$H_p = A_p \times \sigma_p =$ 1562,22 kN

$\Delta F = - N_c + H_s + H_p =$ -446,58 kN

$x_c =$ 168,02 mm

$$\varepsilon_{s0} = \frac{0{,}0035 \times (H - 1{,}25 \times x_c - a_s)}{1{,}25 \times x_c} = 0{,}0171642$$

$\varepsilon_s = \varepsilon_{s0} + \varepsilon_{spef} =$ 0,0162862

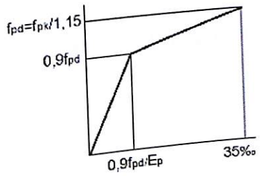
$$\varepsilon_{p0} = \frac{0{,}0035 \times (H - 1{,}25 \times x_c - a_p)}{1{,}25 \times x_c} = \quad 0{,}0162596$$

$\varepsilon_p = \varepsilon_{p0} + \varepsilon_{ppeff} =$ 0,0211052

$f_{pd} =$ 1617,4 N/mm^2 $\quad 0{,}9 \times f_{pd} =$ 1455,65 N/mm^2

$$\varepsilon_{p1} = \frac{0{,}9 \times (fpd)}{E_p} = \quad 35\ ‰$$

$\varepsilon_{pu} =$ 7,66 ‰



$$\sigma_p = 0{,}9 \times f_{pd} + \frac{\varepsilon_{p0} - \varepsilon_{p1}}{\varepsilon_{pu} - \varepsilon_{p1}} \times (f_{pd} - 0{,}9 \times f_{pd}) = \quad 1506{,}5204\ \text{N/mm}^2$$

Beton:

N_c	2243,07 kN
H_s	661,20 kN
H_p	1581,8464 kN

$\Delta F = -N_c + H_s + H_p =$ 0,0 kN

Határnyomaték meghatározása

Belső erő karok

$z_c = H - \frac{x_c}{2} - as =$ 1155,99 mm

$z_p = a_p - a_s =$ 54,29 mm

Határnyomaték

$M_{Rd} = b_f \times x_c \times f_{cd} \times z_c - H_p \times z_p =$ 2507,0914 kNm

Tartó nyomatéki ellenőrzése törésre

$M_{Ed} =$ 2284,09 kNm $\quad <$ $\quad M_{Rd} =$ 2507,0914 kNm $\quad$ Megfelel

4.1.7 Nyírási vasalás tervezése

$E_s =$	200 kN/mm^2	$A_s =$	1520 mm^2
$E_p =$	190 kN/mm^2	$A_p =$	1050 mm^2
$d_s =$	1246 mm		
$d_p =$	1173 mm		

Húzott vasalást helyettesítő hasznos magasság

$$d_h = \frac{E_s \times A_s \times d + E_p \times A_p \times d_p}{E_s \times A_s + E_p \times A_p} = \quad 1466{,}092 \text{ mm}$$

Mértékadó igénybevételek

V_{ed} = 421,31 kN
V_{edred} = 415,45 kN

4.1.7.1 Méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása

$$k = min\left[1 + \sqrt{\frac{200}{d_h \times \sqrt{1}}}; 2\right] = \quad 1{,}369$$

Húzott hosszvasalásra vonatkozó vashányad

$$\rho_1 = min\left[\frac{A_s + A_p}{v_g \times d_h}; 0{,}02\right] = \quad 0{,}011 \text{ ‰}$$

Feszítésből származó átlagos betonfeszültég a keresztmetszetben

$$\sigma_{cp} = min\left[\frac{N_{pm}}{A_c}; 0{,}02 \times f_{cd}\right] = \quad 4{,}261 \text{ N/mm}^2$$

Nyírási vasalás nélküli keresztmetszet teherbírásának alsó korlátja

$$v_{min} = \left(0{,}035 \times k^{\frac{3}{2}} \times f_{ck}{}^{\frac{1}{2}} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}\right) \times v_g \times d_h = \quad 233{,}131 \text{ kN}$$

Méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása

$$V_{Rdc} = max\left[\left(\frac{0{,}18}{\gamma_c} \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}\right) \times v_g \times d_h; vmin\right] =$$

V_{Rdc}= 285,82 kN < V_{Edred} = 415,45 kN
V_{Rdc}= 285,82 kN Szükség van nyírási vasalásra

4.1.7.2 Nyírási teherbírás felső korlátja (beton nyomási teherbírása alapján)

Nyomott betonrudak hajlásszögének számítása

$$V_c = \left[\beta_{ct} \times \eta_1 \times 0{,}1 f_{ck}{}^{\frac{1}{3}} \times \left(1 + 1{,}2 \times \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}\right)\right] \times v_g \times 0{,}9 \times d_h = \quad 206{,}47 \text{ kN}$$

β_{ct} = 2,4
η_1 = 1

$$cot\phi = \frac{1{,}2 + 1{,}4 \times \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}}{1 - \frac{V_c}{V_{Edred}}} = \quad 2{,}830$$

1 < cotO > **2**

$$\alpha_{cw} = \begin{cases} 1, ha\ \sigma_{cp} = 0 \\ 1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}, ha\ 0 < \sigma_{cp} \leq 0{,}25 \times fcd \\ 1{,}25, ha\ 0{,}25 \times fcd < \sigma_{cp} \leq 0{,}5 \times fcd \\ 2{,}5 \times \left(1 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}\right), ha\ 0{,}5 \times fcd < \sigma_{cp} \leq fcd \end{cases} \quad 1{,}1596$$

Nyírási vasalás és a tartó tengelye által bezárt szög

α_{sw} = 90 °

Hatékonysági tényező

$$\upsilon = 0{,}6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = \quad 0{,}504$$

Nyírási teherbírás felső korlátja

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times v_g \times 0{,}9 \times d_h \times \upsilon \times f_{cd} \times \frac{cot\theta + \cot(\alpha_{sw})}{1 + cot\theta^2} = \quad 1317{,}74 \text{ kN}$$

V_{Rdc}= 1317,74 kN < V_{Ed} = 421,31 kN

A tartó nyírásra bevasalható

4.1.7.3 Nyírási vasalás számítása

Alkalmazott kengyelezés Øk = 8 mm

Nyírási acélbetétek keresztmetszeti területe

A_{sw} = 100,5 mm^2

Szükséges kengyeltávolság

$$s_{szüks} = \frac{A_{sw}}{V_{Edred}} \times 0{,}9 \times d_h \times f_{yd} \times (cot\theta + cot(\alpha_{sw}) \times \sin(\alpha_{sw})) = \quad 277{,}78 \text{ mm}$$

s = 200 mm

Alkalmazott kengyeltávolság

4.1.7.4 Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Maximális kengyeltávolság ellenőrzése

$s_{max} = 0{,}75 \times d_h$ = 1099,5689 mm > s = 200 mm

Nyírási vashányad ellenőrzése

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \times v_a \times \alpha_{sw}} = 0{,}0031416 \quad > \quad \rho_{wmin} = \frac{0{,}08 \times \sqrt{f_{ck}}}{f_{vk}} = \quad 0{,}0010119$$

4.1.8 A tartó lehajlásának ellenőrzése

Keresztmetszeti jellemzők rugalmas-repedésmentes állapotban a végleges betonszilárdság figyelembevételével

$$\alpha_{es} = \frac{E_s}{E_{cd}} = \quad 8{,}6 \qquad \alpha_{ep} = \frac{E_p}{E_{cd}} = \quad 8{,}1$$

Keresztmetszeti terület

$A_{il} = b_f \times v_f \cdot v_g + (H - v_f) + (\alpha_{es} - 1) \times A_s + (\alpha_{ep} - 1) \times A_p =$ 284808,57 mm^2

Statikai nyomaték

$$S_{xil} = b_f \times \frac{v_f^2}{2} + v_g \times (H - v_f) \times \frac{v_f + H}{2} + (\alpha_{es} - 1) \times A_s \times d_s + (\alpha_{ep} - 1) \times A_p \times d_p = \quad 163248680{,}00 \quad mm$$

Semleges tengely

$x_{il} =$ 573,18738 mm > $v_f =$ 170 mm

Inercia

$$I_{xil} = \frac{b_f \times v_f^3}{12} + b_f \times v_f \times (x_{il} - 0{,}5 \times v_f)^2 + \frac{v_g \times h_g^3}{12} + \left(\frac{H}{2} + \frac{v_f}{2} - x_{il}\right)^2 \times v_g \times h_g + (\alpha_{es} - 1) \times A_{st} \times (d_{st} - x_{il})^2 + (\alpha_{ep} - 1) \times A_p \times (d_p - x_{il})^2 =$$

$I_{xil} =$ 52341246248,15 mm^4

Mértékadó nyomaték gyakori teherkombinációból

$M_{EdSLS} =$ 1159,69 kNm

Nyomaték a hatásos feszítőerőből

$M_{pm} = A_p \times \sigma_{peff} \times (d_p - x_{il})$ 679,10 kNm

Repesztőnyomaték

$$M_{cr} = \frac{I_{xil}}{H - x_{il}} \times \left(f_{ctm} + \frac{P_{eff}}{A_{il}} + \frac{M_{pm}}{I_{xil}} \times (H - x_{il})\right) = \quad 1217{,}5183 \text{ kNm}$$

$M_{EdSLS} =$ 1159,69 kNm > $M_{cr} =$ 1217,5183 kNm

A keresztmetszet a lehajlás számítása során bereped

4.1.8.1 Tartó lehajlása rugalmas-repedésmentes keresztmetszet feltételezésével

Beton hatékony alakváltozási tényezője a kúszás figyelembevételével

$$E_{ceff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_t} = \quad 11{,}67 \text{ kN/mm}^2$$

Mértékadó idénybevételek

$P_{eff} = \sigma_{peff} \times A_p =$ 1132,56 kN

$M_{pm} =$ 679,09573 kNm

$M_{EdSLS} =$ 1159,69 kNm

Beton szélső szál feszültségek

$$\sigma_{cfelső} = -\frac{P_{eff}}{A_{il}} - \frac{M_{EDSLS} - M_{pm}}{I_{xil}} \times x_{il} = \quad -9{,}24 \quad \text{N/mm}^2$$

Alsó-szélső szál

$$\sigma_{calsó} = -\frac{P_{eff}}{A_{il}} + \frac{M_{EDSLS} - M_{pm}}{I_{xil}} \times (H - x_{il}) = \quad 2{,}70 \quad \text{N/mm}^2$$

Tartó görbülete mezőközépen

$$\kappa_l = \frac{|\sigma_{cfelső}| + \sigma_{calsó}}{H \times E_{ceff}} = \quad 0{,}00078702 \quad 1/\text{m}$$

Lehajlás értéke rugalmas-repedésmentes állapot feltételezésével

$$y_l = \frac{5}{48} \times \kappa_l \times {I_{eff}}^2 = \quad 41{,}14 \text{ mm}$$

4.1.8.2 A tartó lehajlása rugalmas-berepedt keresztmetszet feltételezésével

$$\frac{M_{gpd}(xII)}{P_{eff}} = \frac{I_{ill}(xII)}{S_{ill}(xII)}$$

Mértékadó nyomaték a semleges tengely magasságának függvényében

$M_{gpd(x)} = M_{EdSLSk} - \sigma_{eff} \times A_p \times (d_p - x)$

Berepedt keresztmetszet statikai nyomatéka

$$S_{illx} = b \times v_f \times \left(x - \frac{v_f}{2}\right) + vg \times \frac{(x - v_f)^2}{2} - \alpha_{es} \times A_{st}(d_{st} - x) - (d_p - x) \times A_p \times \alpha_{ep}$$

Berepedt keresztmetszet inerciája

$$I_{xil} = \frac{(b_f - v_g) \times {v_f}^3}{12} + (b_f - v_g) \times v_f \times (x - 0{,}5 \times v_f)^2 + \frac{v_g \times x^3}{3} + (d_{st} - x)^2 \times \alpha_{es} \times A_{st} + \alpha_{ep} \times A_p \times (d_p - x)^2$$

Semleges tengely magasságának számítása

$$f(x_{II}) = -\frac{M_{gpd(x_{II})}}{P_{eff}} + \frac{I_{III(X_{II})}}{S_{III(x_{II})}} = 0$$

x_{II} = 34,8 mm

Keresztmetszeti jellemzők xII figyelembevételével

$A_{iII} = b_f \times v_f + v_g \times (x_{II} - v_f) + \alpha_{es} \times A_s + \alpha_{cp} \times A_p =$ 84946,571 mm^2

I_{II} = 32544053899 mm^4

Nyomaték a végleges feszítőerőből és a mértékadó terhekből

$M_{gqp} = M_{EDSLSk} - \sigma_{eff} \times A_p \times (d_p - x_{II}) =$ -265,56 kNm

Beton szélső szál feszültségek

$$\sigma_{cfelsőII} = -\frac{P_{eff}}{A_{iII}} - \frac{M_{gqp}}{I_{xiII}} \times x_{iII} = \text{-13,62 N/mm}^2$$

Alsó-szélső szál

$$\sigma_{calsóII} = -\frac{N_{pm}}{A_{iII}} + \frac{M_{gqp}}{I_{xiII}} \times (H - x_{iII}) = \text{-23,66 N/mm}^2$$

Tartó görbülete mezőközépen

$$\kappa_{II} = \frac{|\sigma_{cfelsőII}| + \sigma_{calsóII}}{H \times E_{ceff}} = \text{-0,00066198 1/m}$$

Lehajlás értéke rugalmas-berepedt állapot feltételezésével

$$y_{II} = \frac{5}{48} \times \kappa_{II} \times {I_{eff}}^2 = \text{-34,60 mm}$$

4.1.8.2 A tartó tényleges lehajlása

$y_d = \xi \times y_{II} + (1 - \xi) \times y_I$

y_d = -34,60 mm

Dekompressziós nyomaték számítása
(rugalmas berepedt keresztmetszet, alsó-szélsőszál feszültsége =0)

Semleges tengely magassága

$x_{II} = H$ 1300 mm

Keresztmetszeti jellemzők

$S_{iII} = S_{iII(H)} =$ 207 192 045,71 mm^3

$I_{iII} = I_{iII(H)} =$ 202 803 343 209,14 mm^4

Dekompressziós nyomaték

$$M_0 = \frac{I_{iII}}{S_{iII}} \times P_{eff} + \sigma \times A_p \times (d_p - H) =$$ 969,04 kNm

$$\zeta = \begin{cases} 0, ha\ \left(\sqrt{\beta} \times M_{cr} \geq M_0\right)\text{^}(M_{gqp} < Mcr) \\ 0, ha\ \left(\sqrt{\beta} \times M_{cr} < M_0\right)\text{^}(M_{gqp} < M_0) \\ 1, ha\ \left(\sqrt{\beta} \times M_{cr} < M_0\right)\text{^}(M_{gqp} \geq M_0) \\ \left[1 - \left(\frac{\sqrt{\beta} - M_0}{M_{pm} - M_0}\right)^2\right], ha\ a\ \left(\sqrt{\beta} \times M_{cr} \geq M_0\right)\text{^}(M_{gqp} \geq M_{cr}) \end{cases}$$ 1

A tartó tényleges lehajlása 44,8 mm <

$y_d = \zeta \times y_{II} + (1 - \zeta) \times y_I =$ -34,59972 mm

4.1.9 Tartóvég vizsgálata

Lehorgonyzási hossz tervezési értéke a tartóvégen

$l_{pdt} = 1{,}2 \times l_{pd} =$ 1,56 m

Vizsgált szakasz hossza 1,60 m

$$H' = max\left[\sqrt{H^2 + (0{,}6 \times l_{pdt})^2}; l_{pdt}\right]$$

K-K keresztmetszet távolsága az elméleti támasztól

$\xi = H' - \frac{t}{2} =$ 1,45 m

Mértékadó nyomaték a K-K keresztmetszetben végleges állapotban

$$M_{Ed\xi} = \frac{p_d \times l_{eff}}{2} \times \xi - p_d \frac{\xi^2}{2} =$$ 575,50 kNm

I-I keresztmetszetre vonatkozó hasznos magasság

$d_I = d_1 =$ 1132,95 mm

Részletes statikai szám

Vízszintes feszültségek értékei (rugalmas-repedésmentes állapot feltételezésével)

$$\sigma_{x1} = -\frac{P_{eff}}{A_{il}} - \frac{M_{\xi} - M_{pm}}{I_{xil}} \times x_{il} = \quad -2{,}84 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{x2} = -\frac{P_{eff}}{A_{il}} - \frac{M_{Ed\xi} - M_{pm}}{I_{xil}} \times (x_{il} - v_f) = \quad -3{,}18 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{x3} = -\frac{P_{eff}}{A_{il}} + \frac{M_{ED\xi} - M_{pm}}{I_{xil}} \times (d_l - x_{il}) = \quad -5{,}08 \quad \text{N/mm}^2$$

Vízszintes erők nyomatéka az I-i metszetre

$$M_x = |\sigma_{x2}| \times v_f \times b_f \times \left(d_l - \frac{v_f}{2}\right) + \frac{|\sigma_{x1}| - ||\sigma_{x2}||}{2} \times v_f \times b_f \times \left(d_l - \frac{v_f}{3}\right) + |\sigma_{x3}| \times (d_l - v_f) \times v_g \times \frac{(d_l - v_f)}{2} + \frac{|\sigma_{x2}| - ||\sigma_{x3}||}{2} \times (d_l - v_f) \times v_g \times (d_l - v_f) \times \frac{2}{3} =$$

$M_x =$ 550,66 kNm

Függőleges Fc és Ft erők karja

$z = H' \times 0{,}5 =$ 800,62 mm

Függőleges húzóerő nagysága

$$F_t = \frac{M_x}{z} = \quad 687{,}79626 \text{ kN}$$

Szükséges vasalás mennyisége

$$A_{swszüks} = \frac{F_t}{f_{yd}} = \quad 1581{,}14 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{swszüks}}{A_{sw}} = \quad 15{,}73 \text{ db}$$

4. KÉZI SZÁMÍTÁS

4.2 Feszített tetőszelemen számítása

4.2.1 Kiindulási adatok

4.2.1.1 Beton

40/50

γ_c = 1,5

γ_{conc} = 25 kN/m^3

f_{ck} = 40 N/mm^2

f_{cd} = 26,7 N/mm^2

f_{ctm} = 3,5 N/mm^2

f_{ctd} = 1,6 N/mm^2

E_{cm} = 35 kN/mm^2

φ_t = 2

ε_{cst} = 0,0005

$$E_{ceff} = \frac{E_{cm}}{1+\varphi_t} = 11{,}67 \text{ kN/mm}^2$$

4.2.1.2 Betonacél

B500B

γ_s = 1,15

f_{yk} = 500 N/mm^2

E_s = 200 kN/mm^2

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 435 \text{ N/mm}^2$$

4.2.1.3 Feszítőpászma

Fp 150/1860

f_{pk} = 1860 N/mm^2 $\quad 0{,}9 \times f_{pd}$ = 1455,65 N/mm^2

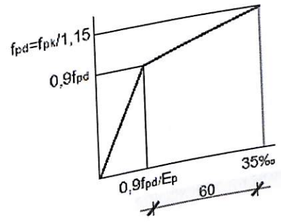
$$f_{pd} = \frac{f_{pk}}{\gamma_s} = 1617{,}4 \text{ N/mm}^2$$

Kezdeti feszültség

σ_{p0} = 1300 N/mm^2

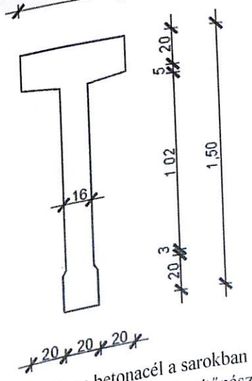
E_p = 190 kN/mm^2

α_{pT} = 1×10^{-5} 1/K



4.2.1.4 Keresztmetszet

Fejlemez	b_f =	600	mm
	v_f =	200	mm
Gerinc	v_g =	200	mm
	h_g =	1300	mm
A tartó teljes magassága	$H=h_g+v_f$ =	1500	mm



4Ø22-os betonacél a sarokban
10 db Fp 150/1860 feszítőpászma

Húzott betonacélok eredője az alsó szélső száltól

a_s = 60 mm

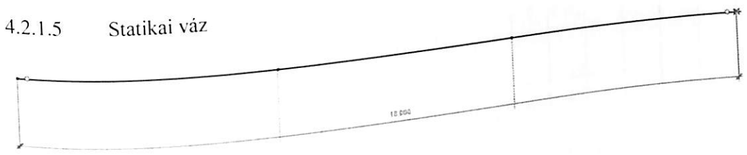
A_s = 1520 mm^2

Feszítőpászmák eredője az alsó szélső száltól

a_p = 104 mm

A_p = 1500 mm^2

4.2.1.5 Statikai váz



Tartó támaszköze L = 18 m

4.2.1.6 Mértékadó igénybevételek

M_{Edg1} = 950,71 kNm

Feszítőerő ráengedésekor (önsúlyból)

Végleges állapot

Teherbírás számításhoz M_{EdULS} = 3633,92 kNm

$0,85 \times 1,35 \times (G + G_{rtg}) + 1,5 \times Q_{hó} + 1,5 \times 0,6 \times Q_{szélhe} + 1,0 \times Q_{daru}$

Repedezettségi állapotának vizsgálathoz M_{EdSLS} = 2030,39 kNm

$1 \times (G + G_{rtg}) + \psi_1 \times Q_{hó}$

$M_{EdSLS\,k}$ = 1841,93 kNm

Lehajlás számításhoz V_{EdULS} = 569,41 kN

$1 \times (G + G_{rtg})$

Mértékadó nyíróerő

$0,85 \times 1,35 \times (G + G_{rtg}) + 1,5 \times Q_{hó} + 1,5 \times 0,6 \times Q_{szélhe} + 1,0 \times Q_{daru}$

4.2.2 Keresztmetszeti adatok számítása

$\alpha_{st} = \frac{E_s}{E_{ceff}} =$ 17,1

Kizsaluzás után:

$\alpha_{st0} = \frac{E_s}{E_{cm}} =$ 5,7

$\alpha_{pt} = \frac{E_p}{E_{ceff}} =$ 16,3

$\alpha_{pt0} = \frac{E_p}{E_{cm}} =$ 5,4

Tiszta betonkeresztmetszet

$A_c = b_f \times v_f + h_g \times v_g =$ 380000 mm^2 886,8 mm^2

$$y_{sc} = \frac{b_f \times v_f + (H - 0,5 \times v_f) + h_g \times v_g \times 0,5 \times h_g}{A_c} =$$

$$I_c = \frac{b_f \times v_{f3}}{12} + (H - y_{sc} - 0{,}5 \times v_f)^2 \times b_f \times v_f + \frac{v_g \times h_{g3}}{12} + (y_{sc} - 0{,}5 \times h_g)^2 \times v_g \times h_g =$$

$I_c =$ 83200877193 mm^4

t = 0 időpontban (kizsaluzás utáni) ideális betonkeresztmetszet jellemzői

$A_{it0} = A_c + (\alpha_{st0} - 1) \times A_s + (\alpha_{pt0} - 1) \times A_p =$ 393808,57 mm^2

$$y_{it0} = \frac{A_c \times y_{sc} + (\propto_{st0} - 1) \times A_s \times a_s + (\propto_{pt0} - 1) \times A_p \times a_p}{A_{it}} = 858{,}59 \text{ mm}^2$$

$$I_{it0} = I_c + (y_{sc} - y_{it0})^2 \times A_c + (\alpha_{st0} - 1) \times (y_{it0} - a_s)^2 \times A_s + (\alpha_{pt0} - 1) \times (y_{it0} - a_p)^2 \times A_p =$$

$I_{it0} =$ 91856574848 mm^4

t = végtelen időpont (tartó élete során) ideális betonkeresztmetszet jellemzői

$A_{it} = A_c + (\alpha_{st} - 1) \times A_s + (\alpha_{pt} - 1) \times A_p =$ 427412,91 mm^2

$$y_{it} = \frac{A_c \times y_{sc} + (\propto_{st0} - 1) \times A_s \times a_s + (\propto_{pt0} - 1) \times A_p \times a_p}{A_{it}} = 797{,}48 \text{ mm}^2$$

$$I_{it} = I_c + (y_{sc} - y_{it})^2 \times A_c + (\alpha_{st} - 1) \times (y_{it} - a_s)^2 \times A_s + (\alpha_{pt} - 1) \times (y_{it} - a_p)^2 \times A_p =$$

$I_{it} =$ 1,10577E+11 mm^4

4.2.3 Tartó ellenőrzése feszítési állapotban (t=0)

4.2.3.1 Terhelési adatok, igénybevételek

$M_{Edg1} =$ 950,71 kNm = 950710000 Nmm

$P_0 = \sigma_{p0} \times A_p =$ 1950 kN = 1950000 N

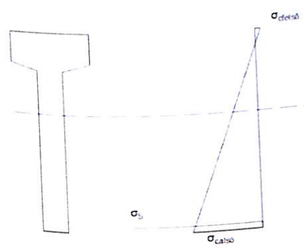
4.2.3.2 Feszültségek számítása

$$\sigma_{cfelsőt0} = -\frac{P_0}{A_{it0}} + \frac{P_0 \times (y_{it0} - a_p)}{I_{it0}} \times (H - yit0) - \frac{M_{g1}}{I_{it0}} \times (H - yit_0) = 1{,}32 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{calsót0} = -\frac{P_0}{A_{it0}} - \frac{P_0 \times (y_{it0} - a_p)}{I_{it0}} \times (y_{it0}) + \frac{M_{g1}}{I_{it0}} \times (y_{it0}) = -9{,}82 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{st0} = \alpha_{st0} \times \left(-\frac{P_0}{A_{it0}} - \frac{P_0 \times (y_{it0} - a_p)}{I_{it0}} \times (y_{it0} - a_s) + \frac{M_{g1}}{I_{it0}} \times (y_{it0} - a_s) \right)$$

$=$ -54,17 N/mm^2



$\sigma_{cfelsöt0}$ =	-1,32	≤	f_{ctd} =	1,6	Megfelelt
$\sigma_{calsöt0}$ =	-9,82	≤	0,6×f_{ck} =	24	Megfelel
σ_{st0} =	-54,17	≤	f_{yd} =	435	Megfelel

4.2.4 Feszültségek meghatározása

4.2.4.1 Hőérlelésből keletkező feszültségveszteség

E_p = 190 kN/mm^2 ΔT = 40 K

α_{pT} = 0,00001 1/K $\Delta\sigma_{pT} = \alpha_{pT} \times \Delta T \times E_p$ = 76 N/mm^2

4.2.4.2 Zsugorodásból, kúszásból és relaxációból keletkező veszteségek

Relaxációból keletkező feszültségveszteség

$t_{év}$ = 50 év

$t_p = t_{év} \times 365 \times 25,24$ = 438300 óra

ρ_{1000} = 0,025 (feszítőpászmák esetében)

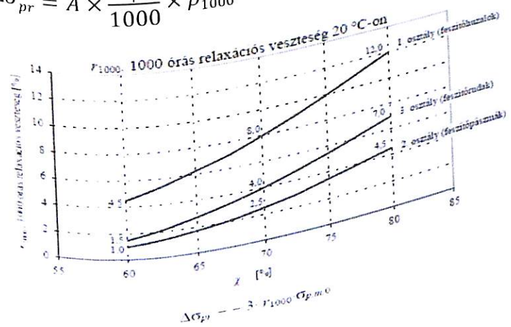
A = 0,66 (feszítőpászmák esetében)

B = 9,1

Relaxációból származó feszültségveszteség

$$\mu = \frac{\sigma_{p0}}{f_{pk}} = 0,7$$

$$\Delta\sigma_{pr} = A \times \frac{\sigma_{p0}}{1000} \times \rho_{1000} \times e^{B \times \mu} \times \left(\frac{t_p}{1000}\right)^{0,75 \times (1-\mu)} = 49,2 \text{ N/mm}^2$$



Zsugorodásból, kúszásból és relaxációból keletkező feszültségveszteségek

M_{EdSLS} = 1841,93 kNm

$$\sigma_{cg} = \frac{M_{p1}}{I_{it0}} \times (y_{it0} _ a_p) = \quad 15{,}13 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{cp0} = -\frac{P_0}{A_{it0}} - \frac{P_0 \times (y_{it0} - a_p)}{I_{it0}} \times (y_{it0} - a_p) = \quad -17{,}04 \quad \text{N/mm}^2$$

$z_{cp} = y_{sc} - a_p$ = 782,84 mm

$$\Delta\sigma_{pcsr} = \frac{\varepsilon_{cst} \times E_p + \Delta\sigma_{pr} + \alpha_{pt0} \times \varphi_t \times |\sigma_{cg} + \sigma_{cp0}|}{1 + \alpha_{pt0} \times \frac{A_p}{A_c} \times \left(1 + \frac{A_c}{I_c} \times z_{cp}^2\right) \times (1 + 0{,}8 \times \varphi_t)} = \quad 136{,}10 \ \text{N/mm}^2$$

Hatásos feszítőerő és feszítési hányad

$\sigma_{peff} = \sigma_{p0} - \Delta\sigma_{pt} - \Delta\sigma_{pcsr}$ = 1087,90 N/mm^2

$$\nu = \frac{\sigma_{peff}}{\sigma_{p0}} = \quad 83{,}68 \ \%$$

4.2.5 Tartó ellenőrzése használati állapotban t = végtelen

4.2.5.1 Tartóra ható erők, igénybevételek

$P_{eff} = \sigma_{peff} \times A_p$ = 1631,84 kN

M_{EdSLS} = 2030,39 kNm

4.2.5.2 Feszültségek számítása

$$\sigma_{cfelsőt} = -\frac{P_{eff}}{A_{it}} + \frac{P_{eff} \times (y_{it} - a_p)}{I_{it}} \times (H - y_{it}) - \frac{M_{qp}}{I_{it}} \times (H - y_{it}) =$$

$$= \quad -9{,}53 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{calsót} = -\frac{P_{eff}}{A_{it}} - \frac{P_{eff} \times (y_{it} - a_p)}{I_{it}} \times (y_{it}) + \frac{M_{qp}}{I_{it}} \times (y_{it}) = \quad 2{,}66 \ \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{st} = \alpha_{st} \times \left(-\frac{P_{eff}}{A_{it}} - \frac{P_{eff} \times (y_{it} - a_p)}{I_{it}} \times (y_{it} - a_s) + \frac{M_{qp}}{I_{it}} \times (y_{it} - a_s) \right) =$$

$$= \quad 37{,}20 \ \text{N/mm}^2$$

$\sigma_{cfelsőt0}$ =	-9,53	≤	f_{cd} =	26,7	Megfelelt
$\sigma_{calsőt0}$ =	2,66	≤	f_{ctd} =	1,6	NFM
σ_{st0} =	37,20	≤	f_{yd} =	435	Megfelelt

A tartó a használati terhekre megreped.

4.2.5.3 Alakváltozás közelítő ellenőrzése

p_{qp} = 46,98 kN/m

Megoszló terhekből keletkező lehajlás

$$e_{qp} = \frac{5}{384} \times \frac{P_{qp} \times L^4}{E_{ceff} \times I_{it}} = \quad 49{,}78 \text{ mm}$$

Hatásos feszítőerőből keletkező felhajlás

$$e_p = \frac{1}{8} \times \frac{P_{eff} \times (y_{it} - a_p) \times L^2}{E_{ceff} \times I_{it}} = \quad 35{,}53 \text{ mm}$$

Lehajlás

$$e_{Ed} = e_{qp} - ep = \quad 14{,}25 \text{ mm} \quad < \quad \frac{L}{250} = \quad 72 \text{ mm}$$

Megfelel

4.2.6 Tartó ellenőrzése törési határállapotban (ULS) t = végtelen

4.2.6.1 Betonacélok és pászmák nyúlásának meghatározása hatásos feszítőerőből

$$\varepsilon_{speff} = \frac{\alpha_{st}}{E_s} \times \left(-\frac{P_{eff}}{A_{it}} - \frac{P_{eff} \times (y_{it} - a_p)}{I_{it}} \times (y_{it} - a_s) \right) = \quad -0{,}0010$$

$$\varepsilon_{ppeff} = \frac{\sigma_{peff}}{E_p} + \frac{\alpha_{pt}}{E_p} \times \left(\frac{P_{eff}}{A_{it}} - \frac{P_{eff} \times (y_{it} - a_p)}{I_{it}} \times (y_{it} - a_p) \right) = \quad 0{,}0047894$$

Felvett nyomott betonzóna magassága

x_c = 100 mm

Betonacélok teljes nyúlása törési állapotban

$$\varepsilon_{s0} = \frac{0{,}0035 \times (H - 1{,}25 \times x_c - a_s)}{1{,}25 \times x_c} = \quad 0{,}03682$$

$\varepsilon_s = \varepsilon_{s0} + \varepsilon_{speff}$ = 0,0358486

A pászmák teljes megnyúlása

$$\varepsilon_{p0} = \frac{0{,}0035 \times (H - 1{,}25 \times x_c - a_p)}{1{,}25 \times x_c} = \quad 0{,}035588$$

$\varepsilon_p = \varepsilon_{p0} + \varepsilon_{ppeff}$ = 0,0403774

ε_{p1} = 7,66 ‰

ε_{pu} = 35 ‰

f_{pd} = 1617,39 N/mm^2

$0{,}9 \times f_{pd}$ = 1455,65 N/mm^2

Pászmafeszültség

$$\sigma_p = 0{,}9 \times f_{pd} + \frac{\varepsilon_{p0} - \varepsilon_{p1}}{\varepsilon_{pu} - \varepsilon_{p1}} \times (f_{pd} - 0{,}9 \times f_{pd}) = \quad 1620{,}87 \text{ N/mm}^2$$

4.2.7 Belső erők

4.2.7.1 Beton:

$N_c = b_t \times x_c \times f_{cd} =$ 1602,00 kN
$H_s = A_s \times f_{yd} =$ 661,20 kN
$H_p = A_p \times \sigma_p =$ 2431,30 kN

$\Delta F = - N_c + H_s + H_p =$ 1490,50 kN

Felvett nyomott betonzóna magassága

$x_c =$ 200 mm

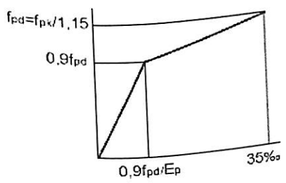
$$\varepsilon_{s0} = \frac{0{,}0035 \times (H - 1{,}25 \times x_c - a_s)}{1{,}25 \times x_c} = 0{,}01666$$

$\varepsilon_s = \varepsilon_{s0} + \varepsilon_{speff} =$ 0,0156886

Pászmák teljes megnyúlása törési állapotban

$$\varepsilon_{p0} = \frac{0{,}0035 \times (H - 1{,}25 \times x_c - a_p)}{1{,}25 \times x_c} = 0{,}016044$$

$\varepsilon_p = \varepsilon_{p0} + \varepsilon_{ppeff} =$ 0,0208334



$f_{pd} =$ 1617,4 N/mm^2

$0{,}9 \times f_{pd} =$ 1455,65 N/mm^2

$$\varepsilon_{p1} = \frac{0{,}9 \times (f_{pd})}{E_p} = 7{,}66\ ‰$$

$\varepsilon_{pu} =$ 35 ‰

Pászmafeszültség

$$\sigma_p = 0{,}9 \times f_{pd} + \frac{\varepsilon_{p0} - \varepsilon_{p1}}{\varepsilon_{pu} - \varepsilon_{p1}} \times (f_{pd} - 0{,}9 \times f_{pd}) = 1505{,}2452 \text{ N/mm}^2$$

4.2.7.2 Belső erők

Beton:

$N_c = b_t \times x_c \times f_{cd} =$ 3204,00 kN
$H_s = A_s \times f_{yd} =$ 661,20 kN
$H_p = A_p \times \sigma_p =$ 2257,87 kN

$\Delta F = - N_c + H_s + H_p =$ -284,93 kN

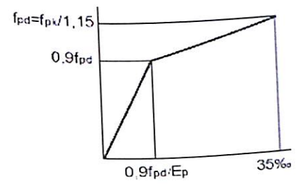
$x_c =$ 183,205 mm

$$\varepsilon_{s0} = \frac{0{,}0035 \times (H - 1{,}25 \times x_c - a_s)}{1{,}25 \times x_c} = 0{,}0185081$$

$\varepsilon_s = \varepsilon_{s0} + \varepsilon_{speff} =$ 0,0175367

$$\varepsilon_{p0} = \frac{0{,}0035 \times (H - 1{,}25 \times x_c - a_p)}{1{,}25 \times x_c} = \quad 0{,}0178357$$

$\varepsilon_p = \varepsilon_{p0} + \varepsilon_{ppeff} =$ 0,022625



$f_{pd} =$ 1617,4 N/mm^2

$0{,}9 \times f_{pd} =$ 1455,65 N/mm^2

$\varepsilon_{p1} = \frac{0{,}9 \times (f_{pd})}{E_p} =$ 35 ‰

$\varepsilon_{pu} =$ 7,66 ‰

$$\sigma_p = 0{,}9 \times f_{pd} + \frac{\varepsilon_{p0} - \varepsilon_{p1}}{\varepsilon_{pu} - \varepsilon_{p1}} \times (f_{pd} - 0{,}9 \times f_{pd}) = \quad 1515{,}8449 \text{ N/mm}^2$$

4.2.7.3 Beton:

N_c 2934,94 kN

H_s 661,20 kN

H_p 2273,7673 kN

$\Delta F = - N_c + H_s + H_p =$ 0,0

4.2.8 Határnyomaték meghatározása

Belsö erö karok

$$z_c = H - \frac{x_c}{2} - as = \quad 1348{,}40 \text{ mm}$$

$z_p = a_p - a_s =$ 44,00 mm

Határnyomaték

$M_{Rd} = b_f \times x_c \times f_{cd} \times z_c - H_p \times z_p =$ 3857,4255 kNm

4.2.9 Tartó nyomatéki ellenőrzése törésre

$M_{Ed} =$ 3633,92 kNm < $M_{Rd} =$ 3857,4255 kNm Megfelelt

4.2.10 Nyírási vasalás tervezése

$E_s =$ 200 $A_s =$ 1520 $d_s =$ 1448 mm

$E_p =$ 190 $A_p =$ 1500 $d_p =$ 1376,8 mm

Húzott vasalást helyettesítő hasznos magasság

$$d_h = \frac{E_s \times A_s \times d + E_p \times A_p \times d_p}{E_s \times A_s + E_p \times A_p} = \quad 1422{,}256 \text{ mm}$$

Mértékadó igénybevételek

V_{ed} = 569,41 kN
V_{edred} = 563,72 kN

Méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása

$$k = min\left[1 + \sqrt{\frac{200}{d_h \times \sqrt{1}}}; 2\right] = \quad 1{,}375$$

Húzott hosszvasalásra vonatkozó vashányad

$$\rho_1 = min\left[\frac{A_s + A_p}{v_{,,} \times d_h}; 0{,}02\right] = \quad 0{,}011 \quad ‰$$

Feszítésből származó átlagos betonfeszültég a keresztmetszetben

$$\sigma_{cp} = min\left[\frac{N_{pm}}{A_c}; 0{,}02 \times f_{cd}\right] = \quad 4{,}294 \text{ N/mm2}$$

Nyírási vasalás nélküli keresztmetszet teherbírásának alsó korlátja

$$v_{min} = \left(0{,}035 \times k^{\frac{3}{2}} \times {f_{ck}}^{\frac{1}{2}} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}\right) \times v_g \times d_h = 284{,}75043 \text{ kN}$$

Méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása

$$V_{Rdc} = max\left[\left(\frac{0{,}18}{\gamma_c} \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}\right) \times v_g \times d_h; v_{min}\right]$$
$$= \quad 346{,}98 \text{ kN}$$

V_{Rdc}= 346,98 kN < V_{Edred} = 563,72 kN

Szükség van nyírási vasalásra

Nyírási teherbírás felső korlátja

Nyomott betonudak hajlásszögének számítása

$$V_c = \left[\beta_{ct} \times \eta_1 \times 0{,}1 {f_{ck}}^{\frac{1}{3}} \times \left(1 + 1{,}2 \times \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}\right)\right] \times v_g \times 0{,}9 \times d_h = \quad 250{,}68 \text{ kN}$$

β_{ct} = 2,4
η_1 = 1

$$cot\phi = \frac{1{,}2 + 1{,}4 \times \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}}{1 - \frac{V_c}{V_{Edred}}} = \quad 2{,}566$$

1 < cotØ > 2

$$\alpha_{cw} = \begin{cases} 1, ha\ \sigma_{cp} = 0 \\ 1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}, ha\ 0 < \sigma_{cp} \leq 0{,}25 \times f_{cd} \\ 1{,}25, ha\ 0{,}25 \times f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 0{,}5 \times f_{cd} \\ 2{,}5 \times \left(1 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}\right), ha\ 0{,}5 \times fcd < \sigma_{cp} \leq f_{cd} \end{cases}$$ 1,1608

Nyírási vasalás és a tartó tengelye által bezárt szög

α_{sw} = 90 °

Hatékonysági tényező

$$\upsilon = 0{,}6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) =$$ 0,504

Nyírási teherbírás felső korlátja

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times v_g \times 0{,}9 \times d_h \times \upsilon \times f_{cd} \times \frac{cot\theta + \cot(\alpha_{sw})}{1 + cot\theta^2} =$$ 1599,64 kN

V_{Rdc}= 1599,64 kN < V_{Ed} = 569,41 kN

A tartó nyírásra bevasalható

Nyírási vasalás számítása

Alkalmazott kengyelezés Øk = 8 mm

Nyírási acélbetétek keresztmetszeti területe

A_{sw} = 100,5 mm2

Szükséges kengyeltávolság

$$s_{szüks} = \frac{A_{sw}}{V_{Edred}} \times 0{,}9 \times d_h \times f_{yd} \times (cot\theta + \cot(\alpha_{sw}) \times \sin(\alpha_{sw})) =$$ 198,60

Alkalmazott kengyeltávolság s = 200 mm

Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Maximális kengyeltávolság ellenőrzése

$s_{max} = 0{,}75 \times d_h$ = 1066,6921 mm > s = 200 mm

Nyírási vashányad ellenőrzése

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \times v_g \times \alpha_{sw}} = 0{,}0025133 > \rho_{wmin} = \frac{0{,}08 \times \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} =$$ 0,0010119

4.2.11 A tartó lehajlásának ellenőrzése

Keresztmetszeti jellemzők rugalmas-repedésmentes állapotban a végleges betonszilárdság figyelembevételével

$\alpha_{es} = \frac{E_s}{E_{cd}} =$ 8,6 $\alpha_{ep} = \frac{E_p}{E_{cd}} =$ 8,1

Keresztmetszeti terület

$A_{il} = b_f \times v_f + v_g + (H - v_f) + (\alpha_{es} - 1) \times A_s + (\alpha_{ep} - 1) \times A_p =$ 402222,86 mm^2

Statikai nyomaték

$$S_{xil} = b_f \times \frac{v_f^2}{2} + v_g \times (H - v_f) \times \frac{v_f + H}{2} + (\alpha_{es} - 1) \times A_s \times d_s + (\alpha_{ep} - 1) \times A_p \times d_p =$$

S_{xil} = 26441584000 mm

Semleges tengely

x_{il} = 657,38641 mm > v_f = 200 mm

Inercia

$$I_{xil} = \frac{b_f \times v_f^3}{12} + b_f \times v_f \times (x_{il} - 0{,}5 \times v_f)^2 + \frac{v_g \times h_g^3}{12} + \left(\frac{H}{2} + \frac{v_f}{2} - x_{il}\right)^2 \times v_g \times h_g + (\alpha_{es} - 1) \times A_{st} \times (d_{st} - x_{il})^2 + (\alpha_{ep} - 1) \times A_p \times (d_p - x_{il})^2 =$$

I_{xil} = 96683121518,32 mm^4

Mértékadó nyomaték gyakori teherkombinációból

M_{EdSLS}= 2030,39 kNm

Nyomaték a hatásos feszítőerőből

$M_{pm} = A_p \times \sigma_{pefl} \times (d_p - x_{il})$ 1173,97 kNm

Repesztőnyomaték

$$M_{cr} = \frac{I_{xil}}{H - x_{il}} \times \left(f_{ctm} + \frac{P_{eff}}{A_{il}} + \frac{M_{pm}}{I_{xil}} \times (H - x_{il})\right) =$$ 2041,0833 kNm

M_{EdSLS}= 2030,39 kNm < M_{cr}= 2041,0833 kNm

A keresztmetszet a lehajlás számítása során bereped

Tartó lehajlása rugalmas-repedésmentes keresztmetszet feltételezésével

Beton hatékony alakváltozási tényezője a kúszás figyelembevételével

$E_{ceff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_t} =$ 11,67 kN/mm^2

Mértékadó idénybevételek

$P_{eff} = \sigma_{peff} \times A_p =$ 1631,84 kN

$M_{pm} =$ 1173,971 kNm

$M_{EdSLS} =$ 2030,39 kNm

Beton szélső szál feszültségek

$$\sigma_{cfelső} = -\frac{P_{eff}}{A_{il}} - \frac{M_{EDSLS} - M_{pm}}{I_{xil}} \times x_{il} =$$ -9,88 N/mm^2

Alsó-szélső szál

$$\sigma_{calsó} = -\frac{P_{eff}}{A_{il}} + \frac{M_{EDSLS} - M_{pm}}{I_{xil}} \times (H - x_{il}) =$$ 3,41 N/mm^2

Tartó görbülete mezőközépen

$$\kappa_l = \frac{|\sigma_{cfelső}| + \sigma_{calsó}}{H \times E_{ceff}} =$$ 0,00075926 1/m

Lehajlás értéke rugalmas-repedésmentes állapot feltételezésével

$$y_l = \frac{5}{48} \times \kappa_l \times {I_{eff}}^2 =$$ 25,62 mm

A tartó lehajlása rugalmas-berepedt keresztmetszet feltételezésével

$$\frac{M_{gpd}(xII)}{P_{eff}} = \frac{I_{ill}(x_{II})}{S_{ill}(x_{II})}$$

Mértékadó nyomaték a semleges tengely magasságának függvényében

$M_{gpd(x)} = M_{EdSLSk} - \sigma_{eff} \times A_p \times (d_p - x)$

Berepedt keresztmetszet statikai nyomatéka

$$S_{ill x} = b \times v_f \times \left(x - \frac{v_f}{2}\right) + v_g \times \frac{(x - vf)^2}{2} - \alpha_{es} \times A_{st}(d_{st} - x) - (d_p - x) \times A_p \times \alpha_{ep} =$$

Berepedt keresztmetszet inerciája

$$I_{xil} = \frac{(b_f - v_g) \times {v_f}^3}{12} + (b_f - v_g) \times v_f \times (x - 0{,}5 \times v_f)^2 + \frac{v_g \times x^3}{3} + (d_{st} - x)^2 \times \alpha_{es} \times A_{st} + \alpha_{ep} \times A_p \times (d_p - x)^2 =$$

Semleges tengely magasságának számítása

$$f(x_{II}) = -\frac{M_{gpd}(x_{II})}{P_{eff}} + \frac{I_{ill}(X_{II})}{S_{ill}(x_{II})} = 0$$

$x_{II} =$ 815,65 mm

Keresztmetszeti jellemzők xII figyelembevételével

$A_{iII} = b_f \times v_f + v_g \times (x_{II} - v_f) + \alpha_{es} \times A_s + \alpha_{ep} \times A_p =$ 268372,86 mm^2

$I_{II} =$ 51536858712 mm^4

Nyomaték a végleges feszítőerőből és a mértékadó terhekből

$M_{gqp} = M_{EDSLSk} - \sigma_{eff} \times A_p \times (d_p - x_{II}) =$ 926,22 kNm

Beton szélső szál feszültségek

$$\sigma_{cfelsőII} = -\frac{P_{eff}}{A_{iII}} - \frac{M_{gqp}}{I_{xiII}} \times xiII = \quad 8{,}58 \text{ N/mm}^2$$

Alsó-szélső szál

$$\sigma_{calsőII} = -\frac{N_{pm}}{A_{iII}} + \frac{M_{gqp}}{I_{xiII}} \times (H - xiII) = \quad 6{,}22 \text{ N/mm}^2$$

Tartó görbülete mezőközépen

$$\kappa_{II} = \frac{|\sigma_{cfelsőII}| + \sigma_{calsőII}}{H \times E_{ceff}} = \quad 0{,}00084554 \text{ 1/m}$$

Lehajlás értéke rugalmas-berepedt állapot feltételezésével

$$y_{II} = \frac{5}{48} \times \kappa_{II} \times {I_{eff}}^2 = \quad 28{,}54 \text{ mm}$$

A tartó tényleges lehajlása

$y_d = \xi \times y_{II} + (1 - \xi) \times y_I$

$y_d =$ 25,62 mm

Dekompressziós nyomaték számítása
(rugalmas berepedt keresztmetszet, alsó-szélsőszál feszültsége =0)

Semleges tengely magassága

$x_{II} = H$ 1500 mm

Keresztmetszeti jellemzők

$S_{iII} = S_{iII(H)} =$ 339 313 385,71 mm^3

$I_{iII} = I_{iII(H)} =$ 382 287 287 283,81 mm^4

Dekompressziós nyomaték

$$M_0 = \frac{I_{il}}{S_{il}} \times P_{eff} + \sigma \times A_p \times (d_p - H) = \quad 1637{,}47 \text{ kNm}$$

$$\zeta = \begin{cases} 0, ha\ (\sqrt{\beta} \times M_{cr} \geq M_0)\text{^}(M_{qqp} < M_{cr}) \\ 0, ha\ (\sqrt{\beta} \times M_{cr} < M_0)\text{^}(M_{qqp} < M_0) \\ 1, ha\ (\sqrt{\beta} \times M_{cr} < M_0)\text{^}(M_{qqp} \geq M_0) \\ \left[1 - \left(\frac{\sqrt{\beta} - M_0}{M_{pm} - M_0}\right)^2\right], ha\ a\ (\sqrt{\beta} \times M_{cr} \geq M_0)\text{^}(M_{qqp} \geq M_{cr}) \end{cases} \quad \mathbf{0}$$

A tartó tényleges lehajlása

$y_d = \zeta \cdot y_{II} + (1 - \zeta) \cdot y_I =$ 25,624927 mm < 36 mm

4.2.12 Tartóvég vizsgálata

Lehorgonyzási hossz tervezési értéke a tartóvégen

$l_{pdt} = 1{,}2 \times l_{pd} =$ 1,56 m

Vizsgált szakasz hossza

$$H' = max\left[\sqrt{H^2 + (0{,}6 \times l_{pdt})^2}; l_{pdt}\right] \quad 1{,}77 \text{ m}$$

K-K keresztmetszet távolsága az elméleti támasztól

$$\xi = H' - \frac{t}{2} = \quad 1{,}62 \text{ m}$$

Mértékadó nyomaték a K-K keresztmetszetben végleges állapotban

$$M_{Ed\xi} = \frac{p_d \times l_{eff}}{2} \times \xi - p_d \frac{\xi^2}{2} = \quad 144{,}42 \text{ kNm}$$

I-I keresztmetszetre vonatkozó hasznos magasság

$d_l = d_1 =$ 1329,95 mm

Vízszintes feszültségek értékei (rugalmas-repedésmentes állapot feltételezésével)

$$\sigma_{x1} = -\frac{P_{eff}}{A_{il}} - \frac{M_\xi - M_{pm}}{I_{xil}} \times x_{il} = \quad 2{,}94 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{x2} = -\frac{P_{eff}}{A_{il}} - \frac{M_{Ed\xi} - Mpm}{I_{xil}} \times (x_{il} - vf) = \quad 0{,}81 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{x3} = -\frac{P_{eff}}{A_{il}} + \frac{M_{ED\xi} - Mpm}{I_{xil}} \times (d_l - xiI) = \quad -11{,}22 \quad \text{N/mm}^2$$

Részletes statikai számítás

Vízszintes erők nyomatéka az I-i metszetre

$$M_x = |\sigma_{x2}| \times v_f \times b_f \times \left(d_l - \frac{v_f}{2}\right) + \frac{|\sigma_{x1}| - ||\sigma_{x2}||}{2} \times v_f \times b_f \times \left(d_l - \frac{v_f}{3}\right) + |\sigma x3| \times (d_l - v_f) \times v_g \times \frac{(d_l - v_f)}{2} + \frac{|\sigma x2| - ||\sigma x3||}{2} \times (d_l - v_f) \times v_g \times (d_l - v_f) \times \frac{2}{3} =$$

M_x = 828,23 kNm

Füffőleges Fc és Ft erők karja

z = H' · 0,5 = 0,8837344

Függőleges húzóerő nagysága

$$F_t = \frac{M_x}{z} = 937,18901 \text{ kN}$$

Szükséges vasalás mennyisége

$$A_{swszüks} = \frac{F_t}{f_{yd}} = 2154,46 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{swszüks}}{A_{sw}} = 21,43 \text{ db}$$

4. KÉZI SZÁMÍTÁS

4.3 Négyszög keresztmetszetű peremgerenda számítása

4.3.1 Kiindulási adatok

4.3.1.1 Beton

C30/37

γ_c =	1,5		E_{cm} =	32	kN/mm²
γ_{conc} =	25	kN/m³	φ_t =	2	
f_{ck} =	30	N/mm²	ε_{cst} =	0,0005	
f_{cd} =	20	N/mm²			
f_{ctm} =	2,9	N/mm²	$E_{ceff} = \frac{E_{cm}}{1+\varphi_t}$ =	10,67	kN/mm²
f_{ctd} =	1,33	N/mm²			

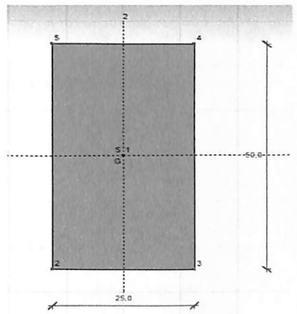
4.3.1.2 Betonacél

B500B

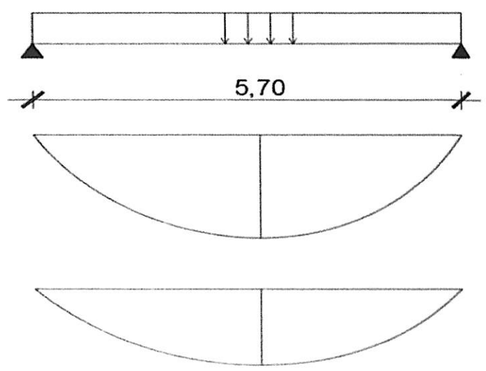
γ_s =	1,15		E_s=	200	kN/mm²
f_{yk} =	500	N/mm²	$f_{yd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_s}$ =	435	N/mm²

4.3.1.3 Keresztmetszet

Szélesség	b =	250	mm
Magasság	h =	500	mm



4.3.2 Mértékadó igénybevételek



M_{EdULS}= 62,53 kNm

M_{EdSLS1}= 29,63 kNm
lehajlásra

M_{EdSLS2}= 26,34 kNm
reptágra

Betonfedés meghatározása:
Betonfedés fövason

c_{min}= $O_{fövas}$16 $\quad c_{nom} = 10 + \begin{cases} c_{min_b} \\ c_{min_dur} \\ 10\ mm \end{cases}$ = 35 mm

Betonfedés kengyelen

c_{min}= $O_{kengyel}$8 $\quad c_{nom} = 10 + \begin{cases} c_{min_b} \\ c_{min_dur} \\ 10\ mm \end{cases}$ = 35 mm

Hasznos magasság meghatározása

$$a = c_{nomk} + \emptyset_{kengyel} + \frac{\emptyset_{fövas16}}{2} = 51 \text{ mm}$$

d = h - a = 449 mm

Keresztmetszet M_{Rd0} teherbírása

$x_c = x_{c0}$ $\quad x_{c0} = \xi_{c0} \times d$ = 220,01 mm

$M_{Rd0} = b \times x_{c0} \times f_{cd} \times \left(d - \frac{x_{c0}}{2}\right)$ = 372,91 kNm > M_{Ed}= 62,53 kNm

A keresztmetszet bevasalható.Nyomott fövasalásra nincs szükség.

Gerenda húzott vasalásának tervezése

$M_{Ed} = b \times x_c \times f_{cd} \times \left(d - \frac{x_c}{2}\right)$ $\quad x_c$ = 28,78 mm

$\xi_c = \frac{x_c}{d}$ = 0,064087 < ξ_{c0} = 0,49

Húzott betonacélok megfolynak.

Vetületi erők egynesúlya

$$b \times x_c \times f_{cd} = A_s \times f_{yd}$$

$A_s = \frac{b \times x_c \times f_{cd}}{f_{yd}}$ = 330,75 mm^2 A_{sprov} = 402 mm^2 (2 Ø 16)

Gerenda keresztmetszeti nyomatéki teherbírásának ellenőrzése az alkalmazott vasmennyiséggel és a korrigált hatékony magassággal

Vetületi erők egyensúlya

$b \times x_c \times f_{cd} = A_{sprov} \times f_{yd}$ $\quad x_c = \frac{A_{sprov} \times f_{yd}}{b \times f_{cd}}$ = 34,97 mm

x_c = 34,97 mm < $x_{c0} = \xi_{c0} \times d$ = 220,01 mm

A betonacélok megfolynak.

Keresztmetszet nyomatéki teherbírása

$$M_{Rd0} = b \times x_c \times f_{cd} \times \left(d - \frac{x_c}{2}\right) =$$

75 kNm > M_{Ed}= 62,53 kNm

Keresztmetszet nyomatéki teherbírása megfelelő.

Szerkesztési szabályok ellenőrzése

Minimális húzott vasalás mennyisége

$$A_{smin} = \rho_{min} \times b_t \times d =$$

336,75 mm² < A_{sprov}= 402 mm² (2 Ø 16)

Maximális húzott vasmennyiség

$$A_{smax} = 0{,}04 \times A_c =$$

5000 mm² > A_{sprov}= 402 mm² (2 Ø 16)

Kengyelezés maximális osztástávolsága

$$s_{smax} = min\begin{cases} 0{,}75 \times d \\ 1{,}5 \times b_w \\ 300\ mm \end{cases}$$

0,75 × d = 336,75 mm
1,5 × b_w = 375 mm
300 mm = 300 mm

s_s = 300 mm

Nyírási vasalás

Beton által felvehető nyíróerő

V_{Rdc} = c × b_w × d × f_{ctd} = 47,10 kN > V_{Ed} = 43,88 kN

$$V_{Rdmax} = 0{,}5 \times b \times z \times v \times f_{cd} =$$ 533,41 kN

V_{Rdc} = 47,10 kN > V_{Ed} = 43,88 kN < V_{Rdmax}= 533,41 kN

Nyírási vasalás nem szükséges.

Gerenda lehajlásának ellenőrzése

M_{Ed}= 62,53 kNm
M_{Rd}= 75,46 kNm

p_{Ed} = 15,40 kN
p_{qp} = 6,48 kN

$$w_{eng} = \frac{l}{250} =$$ 22,8 mm

$$\beta = \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \times \frac{500}{f_{vk}} =$$ 1,207

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2} \times \beta \times \frac{p_{Ed}}{p_{qp}}} =$$ 1,20

$$\beta \times \frac{p_{Ed}}{b} = \quad 74,336 \qquad (l/d)_{eng} = \quad 17,46$$

$$\frac{l/K}{d} \leq \alpha \times \left(\frac{l}{d}\right)_{eng} \qquad 12,69 \quad < \quad 17,46 \qquad \text{Megfelel}$$

Repedéstágasság vizsgálat

Vashányad

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = 0,36 \quad \%$$

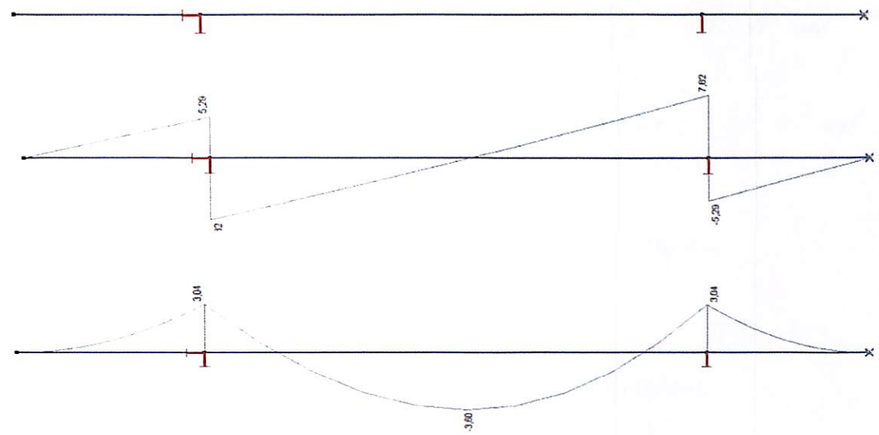
Acélfeszültség

$$\sigma \approx f_{yd} \times \frac{p_{qp}}{p_{Rd}} = \quad 183,04 \quad \text{N/mm}^2$$

Ømax = 26 mm > Ø = 16 mm Megfelel

Gerenda ellenörzése emelési teherre

Statikai váz



Önsúly	g_1=	3,13	kN/m^2
	F_{ed}=	13,11	kN
	M_{Ed}^{+}=	3,60	kNm
	M_{Ed}^{-} =	3,04	kNm

Betonfedés meghatározása:

Betonfedés fővason

c_{min}= $Ø_{fővas}$12 $\qquad c_{nom} = 10 + \begin{cases} c_{min,b} \\ c_{min,dur} \\ 10\ mm \end{cases} = \quad 35 \quad$ mm

Részletes statikai számítás

Betonfedés kengyelen

c_{min}= $O_{kengyel}$8 $\quad c_{nom} = 10 + \begin{cases} c_{min_b} \\ c_{min_dur} \\ 10\ mm \end{cases} =$ 35 mm

Hasznos magasság meghatározása

$$a = c_{nomk} + \emptyset_{kengyel} + \frac{\emptyset_{fővas12}}{2} = 49 \quad \text{mm}$$

d = h - a = 451 mm

Keresztmetszet M_{Rd0} teherbírása

$x_c = x_{c0}$ $\quad x_{c0} = \xi_{c0} \times d =$ 220,99 mm

$$M_{Rd0} = b \times xc_0 \times f_{cd} \times \left(d - \frac{x_{c0}}{2}\right) = 376{,}24 \text{ kNm} > M_{Ed} = 3{,}04 \text{ kNm}$$

A keresztmetszet bevasalható.

$$M_{Ed} = b \times x_c \times f_{cd} \times \left(d - \frac{x_c}{2}\right)$$

x_c = 1,35 mm < $x_{c0} = \xi_{c0} \times d =$ 220,99 mm

$$A_s = \left(\frac{b \times x_c \times f_{cd}}{f_{yd}}\right) = 15{,}52 \text{ mm}^2 < \text{Aprov} = 226 \text{ mm}^2$$

Vetületi erők egyensúlya

$$b \times x_c \times f_{cd} = A_{sprov} \times f_{yd} \qquad x_c = \frac{A_{sprov} \times f_{yd}}{b \times f_{cd}} = 19{,}66 \text{ mm}$$

x_c = 19,66 mm < $x_{c0} = \xi_{c0} \times d =$ 220,01 mm

A betonacélok megfolynak.

Keresztmetszet nyomatéki teherbírása

$$M_{Rd0} = b \times x_c \times f_{cd} \times \left(d - \frac{x_c}{2}\right) = 43 \text{ kNm} > M_{Ed} = 3{,}04 \text{ kNm}$$

Keresztmetszet nyomatéki teherbírása megfelelő.

Emelés PFEIFER gömbfejű emelőkampóval

Méret	Teherbírás	meng Fz	ds	L	meng Fs
WK 2	2,0	20	8	30	20
WK 2,5	2,5	25	8	35	25
WK 4	**4,0**	**40**	**8**	**40**	**40**

Az emeléshez a biztonság javára PFEIFER WK4 emelőkampót kell alkalmazni.

4.4 Daruteher számítása

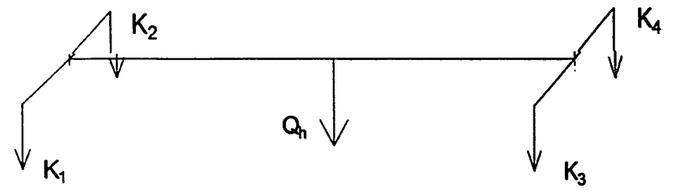
4.4.1 Kiindulási adatok:

Anyag: S235

Daru fesztávolsága:	L=	11,4 m	
Keretállás távolsága:	k=	18 m	
Teherbírás:	Q_h=	5 t =	50 kN
Sebesség:	v_h=	8,6 m/min	
Kerék tengelytávolsága:	a=	2,7 m	

Keréknyomás: (kN)

K_1	K_2	K_3	K_4
69	53	29	23



4.4.2 Terhek, teherkombinációk:

4.4.3 Keréknyomás (függőleges):

Q_{rmax} =	K_1 =	69	kN
Q_r^{max} =	K_3 =	29	kN
ΣQ_{rmax}=	$K_1 \times 2$ =	138	kN
ΣQ_r^{max}=	$K_2 \times 2$ =	58	kN

G_{daru}= $(K_1 + K_2 + K_3 + K_4) - Qh$ = **124** kN

4.4.4 Fékezőerő (vízszintes):

Surlódási tényező

μ = 0,2

Meghajtási erő:

$\Sigma K = \mu * \Sigma Q_{rmin}$ = 17,46 kN

$\Sigma Q_{rmin} = \Sigma Qrmax \times \lambda$ = 87,31 kN

λ = 0,6327

Hosszirányú fékezőerő:

$H_L = \frac{\Sigma K}{n} =$ **8,73** kN

Keresztirányú fékezőerő:

$\xi_1 = \frac{\Sigma Q_{rmax}}{\Sigma Q_{rmax} + \Sigma Q_r{}^{max}} = 0,7041$

$\xi_2 = 1 - \xi_1 = 0,2959$

$H_{T1} = \xi_1 \times \sum K \times L \times \frac{\xi_1 - 0,5}{a} =$ **10,59** kN

$H_{T2} = \xi_1 \times \sum K \times L \times \frac{\xi_1 - 0,5}{a} =$ **4,45** kN

4.4.5 Oldallökő erő (vízszintes):

$H_{T3} = \frac{\mu \times \eta_{wc} \times G_{kocsi}}{n_r} =$ **0,75** kN

$\eta_{wc} =$ 0,5

$G_{kocsi} =$ 15 kN

4.4.6 Ferdén futás / befeszülés (vízszintes):

Első kerekekre ható erő értékek

$H_{s1} = f \times \delta \times \sum Q_{rmax} =$ **-14,23** kN

$H_{s2} =$ **5,98** kN

Megvezető szerekezetkre ható erők értékei

$S = f \times \delta \times \sum Q_{rmax} =$ **20,22** kN

$f = 0,3 \times (1 - e^{-250\alpha}) \leq 0,3$ f = 0,293

$h = \frac{\sum ej}{ei} = \frac{a^2}{a} = a =$ 2,7 m

$\delta = 1 - \frac{\sum ej}{n \times h} =$ 0,5000

Bal első nyomkarimára ható erő nagysága

$S_{bal} = S_1 - H_1 =$ 5,98 kN

Dinamikus tényezővel felszorzott értékek:

φ_1 = 1,1

φ_5 = 1,5

φ_2 = $\varphi_{2min} + \beta_2 \times \nu_h$ = 1,10

Daru önsúly:	$Q_c = \varphi_1 \times Gdaru =$	136,4	kN
Emelt teher:	$Q_H = \varphi_2 \times Qh =$	55,0	kN
Vízszintes terhek:	$H_{L1} \times \varphi_5 =$	13,1	kN
	$H_{T1} \times \varphi_5 =$	16,6	kN

G_{Ed} = **191,4** kN

K_{Ed} = **75,9** kN

H_{Ed}= **17,33** kN

4.5 Rövidkonzol számítása

4.5.1 Kiindulási adatok

4.5.1.1 Anyagok

Beton
C40/50

γ_c =	1,5		f_{ck} =	40	N/mm²
γ_{conc} =	25	kN/m³	f_{cd} =	26,7	N/mm²
E_{cm} =	34	kN/mm²	f_{ctd} =	1,6	N/mm²
E_{ceff}=	12,7	kN/mm²	f_{ctm} =	3,5	N/mm²

Betonacél
B500B

γ_s =	1,15		E_s=	200	kN/mm²
f_{yk} =	500	N/mm²	$f_{yd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_s}$ =	434,78	N/mm²

4.5.1.2 Geometriai jellemzők

h=	250	mm
a_c =	200	mm
b=	600	mm

4.5.2 Igénybevételek

Függőleges konzolteher V_{ed} = 102,47 kN

Oldallökőerő H_c = 23,39 kN

4.5.2.1 Rövidkonzol dolgozó magasságának meghatározása

$d = 0{,}8 \times h_c$ = 200 mm

Nyomott betonrácsrúd hajlásszöge

$tg\alpha$ = 50 °

$z_0 = a_c \times tg\alpha$ = 238,35 mm

ac = 200 mm < z0 = 238,35 mm

Röidkonzolként méretezhető

4.5.2.2 Bevasalhatóság vizsgálata

$V_{ed} <$ V_{rdmax}

$$V_{rdmax} = \alpha_{cw} \times \nu \times f_{cd} \times b_w \times d \times \frac{cot\alpha + cot\alpha}{1 + cot^2\alpha} =$$ 807,41 kN

α_{cw} = 1

$$\nu = 0{,}6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = \quad 0{,}504$$

Húzott fővasalás mennyisége

$$a_h = 20 + c_{nom} + \phi k + \phi f\ddot{o} + \frac{40}{2} = \quad 101 \quad \text{mm}$$

Húzott fővasalásban ébredő erő

$$F_s = \frac{V_{Ed} \times a_c \times H_{Ed} \times (z_0 + a_h)}{z_0} = \quad 119{,}28 \text{ kN}$$

4.5.2.3 Szükséges vasalás

$$A_{smain} = \frac{F_s}{f_{vd}} = \quad 274{,}35 \quad \text{mm}^2$$

2 ϕ 16 mm 402 mm²

4.5.2.4 Kengyel mennyisége, elrendezése

ac ≤ 0,25 × hc	68,59	mm²	vízszintes kengyelezés
ac ≥ 0,5 × F_{ed}/f_{yd} =	137,17	mm²	függőleges kengyelezés

$$n > \frac{\sum A_{slinkreg}}{A\phi 10} = \quad 1{,}74 \quad \text{db} \qquad 2 \text{ db}$$

4.5.2.5 Fővasalás hurkos kialakításának ellenőrzése

D= 232 mm

b = 333 mm

Minimális belső hajlítási átmérő

$$\phi min = \frac{F_s}{f_{cd}} \times \left(\frac{1}{a_b} - \frac{1}{2 \times \phi}\right) = \quad 135{,}50 \text{ mm} \quad < \quad D = \quad 232 \text{ mm}$$

Fővasalás hurkos kialakításához szükséges hely rendelkezésre áll

4.5.2.6 Fővasalás pillérbe történő lehorgonyzása

$$l_{bd} = \frac{\phi}{4} \times \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \times \frac{A_{sprov}}{A_{srea}} = \quad 327{,}58 \text{ mm}$$

l = 555 mm

4. KÉZI SZÁMÍTÁS

4.6 P01-es Pillér méretezése (Mértékadó Normálerőnél)

4.6.1 Kiindulási adatok

4.6.1.1 Anyagok

Beton
C40/50

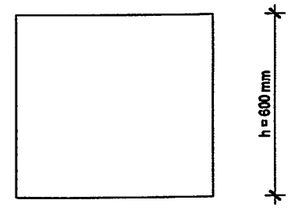
γ_c =	2		f_{ck} =	40	N/mm^2
γ_{conc} =	25	kN/m^3	f_{cd} =	27	N/mm^2
E_{cm} =	34	kN/mm^2	f_{ctd} =	2	N/mm^2
E_{ceff}=	13	kN/mm^2	f_{ctm} =	4	N/mm^2

Betonacél
B500B

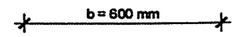
γ_s =	1		E_s=	200	kN/mm^2
f_{yk} =	500	N/mm^2	$f_{yd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_s}$ =	435	N/mm^2

4.6.1.2 Geometriai jellemzők

Szélesség	b =	600	mm	
Magasság	h =	600	mm	
Oszlop hossza		l_0 =	13	m
Kihajlási hosszak		ν_y =	2	
		ν_z =	2	



4.6.1.3 Keresztmetszeti jellemzők



Keresztmetszeti terület $A = b \times h =$ 360 000 mm^2

Inercianyomatékok

$$I_y = \frac{b \times h^3}{12} =$$ 10 800 000 000 mm^4

$$I_z = \frac{b^3 \times h}{12} =$$ 10 800 000 000 mm^4

Karcsúság

$$\lambda_y = \frac{\nu_y \times l_0}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}} =$$ 150

$$\lambda_z = \frac{\nu_z \times l_0}{\sqrt{\frac{I_z}{A}}} =$$ 150

Határkarcsúság tényező

$$A = \frac{1}{1 + 0{,}2 \times \varphi_{ef}} =$$ 1

$$B = \sqrt{1 + \omega} = \quad 1$$

$$C = 1.7 - r_m = \quad 1$$

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \times A_\lambda \times B_z \times C_\lambda}{\sqrt{\frac{N_{Ed}}{A \times f_{cd}}}} = \quad 25$$

$\lambda_{y,z}$ = 150,1 > λ_{lim} = 25,5

Másodrendű nyomatékok is keletkeznek.

4.6.1.4 Vasalás jellemzői

Betonfedés c_{nom} = 35 mm

Kengyelátmérő ϕ_k 10 mm
Fővas átmérő ϕ 32 mm

Betontakarás

$$b_f = c_{nom} + \Delta\emptyset + \emptyset_k + \frac{\emptyset}{2} = \quad 71 \quad \text{mm}$$

Hasznos magasság

$d_{b1} = h - c_{nom}$ =	529	mm	$d_{b2} = b_f$ =	71	mm
$d_{h1} = h - c_{nom}$ =	529	mm	$d_{h2} = b_f$ =	71	mm

4.6.1.5 Elsőrendű igénybevételek

1. eset N_{max}

Mértékadó teherkombináció

$1,35\times0,85\times(G+Rtg)+1,5\times Q_{Hó}+1,5\times0,6\times Q_{Szélhosszelőtető}+1,0\times Q_{daru}$

Oszlop alsó pontja		**Oszlop felső pontja**	
M_{Edy1} =	60,07 kNm	M_{Edy1f} =	0,76 kNm
M_{Edz1} =	0,32 kNm	M_{Edz1f} =	0,14 kNm
N_{Ed1} =	1 718,95 kN	N_{Ed1f} =	416,40 kN
V_{Edy1} =	0,05 kN	V_{Edy1f} =	0,00 kN
V_{Edz1} =	7,18 kN	V_{Edz1f} =	7,38 kN

2. eset M_{ymax}

Mértékadó teherkombináció

$(G+Rtg)+1,5\times Q_{Szélkeresztsima}+1,0\times Q_{daru}$

M_{Edy2} =	595,45 kNm	M_{Edy2f} =	2,11 kNm
M_{Edz2}=	0,04 kNm	M_{Edz2f}=	0,03 kNm
N_{Ed2} =	1 135,09 kN	N_{Ed12f} =	236,52 kN
V_{Edy2} =	0,00 kN	V_{Edy2f}=	0,00 kN
V_{Edz2}=	49,85 kN	V_{Edz2f}=	20,49 kN

3. eset M_{zmax}

Mértékadó teherkombináció

$1,35\times0,85\times(G+Rtg)+1,5\times Q_{Szélhosszsima}+1,5\times0,5\times Q_{Hó}+1,0\times Q_{daru}$

M_{Edy3} =	24,74 kNm	M_{Edy3f} =	0,20 kNm
M_{Edz3}=	15,89 kNm	M_{Edz3f}=	0,10 kNm
N_{Ed3} =	1 266,17 kN	N_{Ed3f} =	347,13 kN
V_{Edy3} =	2,48 kN	V_{Edy3f}=	0,00 kN
V_{Edz3}=	2,07 kN	V_{Edz3f}=	1,98 kN

4.6.1.6 Külpontosság, másodrendü igénybevételek

4.6.1.7 Külpontos növekmény

Oszlop hossza	l_0 =	13,0	m
Kihajlási hosszak	l_y =	26,0	m
	l_z =	26,0	m

4.6.1.8 Kezdeti külpontosság

Ha a nyomaték a rúd két végén különböző, akkor M_{Ed}:

1. eset

$M_{Edy01} = \max(0,6\times M_{Edy1}+0,4\times M_{Edy1f}, 0,4\times M_{Edy1})=$ 36,35 kN

$M_{Edz01} = \max(0,6\times M_{Edz1}+0,4\times M_{Edz1f}, 0,4\times M_{Edz1})=$ 0,25 kN

$e_{ey1} = \frac{M_{Edy}}{N_{Ed}} = 21,14$ mm $\quad e_{ez1} = \frac{M_{Edz}}{N_{Ed}} =$ 0,14 mm

2. eset

$M_{Edy02} = \max(0,6\times M_{Edy2}+0,4\times M_{Edy2f}, 0,4\times M_{Edy2})=$ 358,11 kN

$M_{Edz02} = \max(0,6\times M_{Edz2}+0,4\times M_{Edz2f}, 0,4\times M_{Edz2})=$ 0,04 kN

$e_{ey2} = \frac{M_{Edy}}{N_{Ed}} =$ 315,49 mm $\quad e_{ez2} = \frac{M_{Edz}}{N_{Ed}} =$ 0,03 mm

3. eset

$M_{Edy03} = \max(0,6\times M_{Edy3}+0,4\times M_{Edy3f}, 0,4\times M_{Edy3})=$ 14,92 kN

$M_{Edz03} = \max(0,6\times M_{Edz3}+0,4\times M_{Edz3f}, 0,4\times M_{Edz3})=$ 9,57 kN

$e_{ey3} = \frac{M_{Edy}}{N_{Ed}} =$ 11,79 mm $e_{ez3} = \frac{M_{Edz}}{N_{Ed}} =$ 7,56 mm

4.6.1.9 Kezdeti görbeségbök származó külpontosság

$$e_{iy} = \begin{cases} \frac{l_y}{400} & \text{ha } l \leq 4 \text{ m} \\ \frac{2}{\sqrt{l}} \times \frac{l_y}{400} & \text{ha } 4 \text{ m} < l > 9 \text{ m} \\ \frac{2}{3} \times \frac{l_y}{400} & \text{ha } l \geq 9 \text{ m} \end{cases} \quad 43{,}33 \text{ mm}$$

$$e_{iz} = \begin{cases} \frac{l_z}{400} & \text{ha } l \leq 4 \text{ m} \\ \frac{2}{\sqrt{l}} \times \frac{l_z}{400} & \text{ha } 4 \text{ m} < l > 9 \text{ m} \\ \frac{2}{3} \times \frac{l_z}{400} & \text{ha } l \geq 9 \text{ m} \end{cases} \quad 43{,}33 \text{ mm}$$

4.6.1.10 Másodrendü nyomatékból keletkező külpontosság

Kezdeti görbület

$\frac{1}{r_{0y}} = \frac{f_{yd}/E_s}{0{,}45 \times d_{h1}} =$ 0,0 1/m $r_{0y} =$ 109,5 m

$\frac{1}{r_{0z}} = \frac{f_{yd}/E_s}{0{,}45 \times d_{b1}} =$ 0,0 1/m $r_{0z} =$ 109,5 m

Kúszás hatása

$K_{\varphi y} = max\begin{cases} 1 + \beta \times \varphi_{ef} & 0 \\ 1 & \mathbf{1} \end{cases}$ $K_{\varphi z} =$ **1**

$\beta_y = 0{,}35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda_y}{150} =$ 0 $\beta_z =$ 0

Nromálerő hatása

Minimális vasmennyiség

$$A_{smin} = \max\begin{cases} 0{,}1 \times \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} & 395 \text{ mm}^2 \\ 0{,}2 \times b \times h & \mathbf{72\,000} \text{ mm}^2 \end{cases}$$

Maximális vasmennyiség

$A_{smax} = 04 \times b \times h =$ 144 000 mm^2

Alkalmazott vasalás

Sarokban

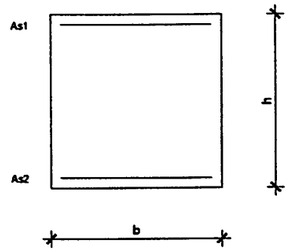
egy sarok 1 db $Ø_s =$ 32 mm

$A_{ssarok} = 4 \times egysarok \times \frac{Øs^2 \times \pi}{4} =$ 3 217 mm^2

Szélesség mentén

szélesség 4 db O_{sz} = 28

$$A_{ssz} = 2 \times szélesség \times \frac{\emptyset_{sz}^2 \times \pi}{4} = 4\,926 \quad mm^2$$



Magasság mentén

magasság 4 db O_m = 28

$$A_{sm} = 2 \times magasság \times \frac{\emptyset_m^2 \times \pi}{4} = 4\,926 \quad mm^2$$

Alkalmazott vasmennyiség

$A_{salk} = A_{ssarok} + A_{sszél} + A_{smagasság}$ = 13 069 mm^2

Vashányad

$$\mu = \frac{A_{salk}}{b \times h} = 0{,}036$$

Nyomott betonzóna határa

$x_{c0h} = d \times \xi$ 261,06 mm

$x_{c0b} = d \times \xi$ 261,06 mm

Maximális nyomóerő

$N = f_{cd} \times b \times h + A_{salk} \times f_{yd}$ = 15 294 151 N = 15 294 kN

Teherbírási vonal maximális nyomatékhoz tartozó normálerő közelítőleg

$N_{baly} = f_{cd} \times x_{c0h} \times b$ = 4 182 101 N = 4 182 kN
$N_{balz} = f_{cd} \times x_{c0b} \times h$ = 4 182 101 N = 4 182 kN

$$K_{ry} = \min\left(\frac{N_u - N_{Ed1}}{N_u - N_{baly}}; 1\right) \quad \mathbf{1}$$

$$K_{rz} = \min\left(\frac{N_u - N_{Ed1}}{N_u - N_{balz}}; 1\right) \quad \mathbf{1}$$

Görbület

$$r_y = \frac{1}{K_r \times K_\varphi \times \frac{1}{r_v}} = 109{,}5 \text{ m} \qquad r_z = 109{,}5 \text{ m}$$

4.6.1.11 Másodrendű külpontosság

$$e_{2y} = \frac{1}{r_y} \times \left(\frac{l_y}{\pi}\right)^2 = 625{,}5 \text{ mm} \qquad e_{2z} = 625{,}5 \text{ mm}$$

4.6.1.12 Minimális külpontosság

$$e_{0y} = max\begin{cases} 20\ mm \\ h/30 \end{cases}$$ **20** mm e_{0z} = 20 mm

4.6.1.13 Teljes külpontosság

$$e_y = max\begin{cases} e_c + ei + e_2 \\ M_0/N_{Ed} \\ e_0 \end{cases}$$

	689,96	mm	**984,31**	mm	**680,61**	mm
	21,14	mm	315,49	mm	11,79	mm
	20,00	mm	20,00	mm	20,00	mm

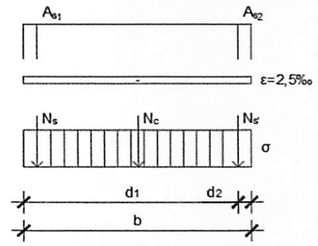
$$e_z = max\begin{cases} e_c + ei + e_2 \\ M_0/N_{Ed} \\ e_0 \end{cases}$$

	668,96	mm	**668,85**	mm	**676,38**	mm
	0,14	mm	0,03	mm	7,56	mm
	20,00	mm	20,00	mm	20,00	mm

4.6.1.14 Mértékadó nyomatéki igénybevételek

$M_{Edy1}' = N_{Ed} \times e_y$ =	**1 186,01** kNm	$M_{Edz1}' = N_{Ed} \times e_y$ =	**1 149,92** kNm
$M_{Edy2}' = N_{Ed} \times e_y$ =	**1 117,29** kNm	$M_{Edz2}' = N_{Ed} \times e_y$ =	**759,21** kNm
$M_{Edy3}' = N_{Ed} \times e_y$ =	**861,76** kNm	$M_{Edz3}' = N_{Ed} \times e_y$ =	**856,41** kNm

4.6.2 Teherbírási vonal jellemző pontjai



4.6.2.1 **Z-Z tengely körüli hajlításra**

Legnagyobb normálerő

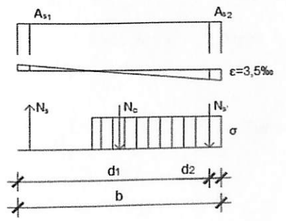
$$\sigma_s = min\begin{cases} f_{yd} \\ 400 \end{cases}$$ **400** N/mm²

$N_{Rd1} = b \times h \times f_{cd} + A_{salk} \times \sigma_s$ = 14 839 610,18 N = 14 839,61 kN

$$M_{Rdz1} = \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(\frac{b}{2} - d_{b2}\right) - \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(d_{b1} - \frac{b}{2}\right) =$$

M_{Rdz1} = 0 Nmm = 0 kNm

Legnagyobb nyomaték



$x_c = x_{c0b}$ = 259,21 mm

Nyomott acélbetétek megfolyásának ellenőrzése

$$\xi_{cz} = \frac{x_c}{d} =$$ 3,65 > ξ_{c0y} = 2,11 Megfolyik

$N_{Rd2z} = h \times x_{c0b} \times f_{cd}$ = 4 152 544,20 N = 4 152,54 kN

$$M_{Rd2} = h \times x_c \times f_{cd} \times \left(\frac{b}{2} - \frac{x_c}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{ssz\acute{e}l}}{2} \times f_{yd} \times \left(d - \frac{b}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{ssz\acute{e}l}}{2} \times f_{yd} \times \left(d - \frac{b}{2}\right) = 1\,763\,556\,801{,}22 \quad \text{Nmm}$$

N = 0

$$M_{Rd3z} = \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times (d_{b1} - d_{b2}) = 1\,301\,212\,551{,}60 \quad \text{Nmm}$$

4.6.2.2 **Y-Y tengely körüli hajlításra**

Legnagyobb normálerő

$N_{Rd1y} = b \times h \times f_{cd} + A_{salk} \times \sigma_s =$ 14 839 610,18 N

$$M_{Rd1y} = \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(\frac{h}{2} - d_{h2}\right) - \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(d_{h1} - \frac{h}{2}\right) =$$

$M_{Rdy1} =$ 0 Nmm 0 kNm

Legnagyobb nyomaték

$x_{c2} = x_{c0h} =$ 261,06 mm

Nyomott acélbetétek megfolyásának ellenőrzése

$$\xi_{cy} = \frac{x_{c2}}{d_{h2}} = \quad 3{,}7 \quad > \quad \xi_{c0v} = \quad 2{,}1 \quad \text{Megfolyik}$$

$N_{Rd2y} = b \times x_{c2} \times f_{cd} =$ 4 182 101 N

$$M_{Rd2y} = b \times x_c \times f_{cd} \times \left(\frac{h}{2} - \frac{x_c}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(d_{h1} - \frac{h}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(\frac{h}{2} - d_{h2}\right) = 1\,764\,735\,165 \quad \text{Nmm}$$

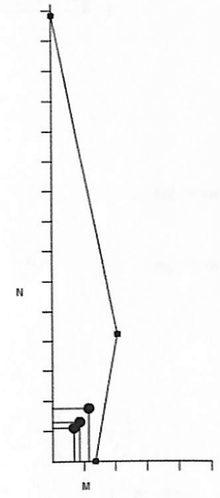
N=0 esetben

$$M_{Rd3y} = \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times (d_{h1} - d_{h2}) = \quad 1\,301\,212\,552 \quad \text{Nmm}$$

4.6.3 Keresztmetszeti ellenőrzés

4.6.3.1 Z-Z tengely körüli hajlításra

N_{Ed}	N_{rd}
1 719 kN	14 840 kN
1 135 kN	4 153 kN
1 266 kN	0 kN
M_{ed}	M_{Rd}
1 150 kNm	0 kNm
759 kNm	1 764 kNm
856 kNm	1 301 kNm



4.6.3.2 Y-Y tengely körüli hajlításra

N_{Ed}	N_{rd}
1 719 kN	14 840 kN
1 135 kN	4 153 kN
1 266 kN	0 kN
M_{ed}	M_{Rd}
1 186 kNm	0 kNm
1 117 kNm	1 765 kNm
862 kNm	1 301 kNm

4.6.4 Ellenőrzés kéttengelyű hajlításra

4.6.4.1 Z-Z tengely körül

N_{Ed1}= 1 719 kN

x_c = 0 mm

$$N_{Ed1} = h \times x_c \times f_{cd} - f_{yd} \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} + f_{yd} \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} =$$

x_{cz} = 107,30 mm

ξ_{c0v}= 2,11
ξ_{c0}= 0,49

$$\xi_{cv} = \frac{x_{cz}}{d_{b2}} = \quad 1{,}51 \quad < \quad \xi_{c0v} = \quad 2{,}11 \quad \text{rugalmas}$$

$$\xi_{cv} = \frac{x_{cz}}{d_{b1}} = \quad 0{,}20 \quad < \quad \xi_{c0} = \quad 0{,}49 \quad \text{rugalmas}$$

xc = 0 mm

$$N_{Ed1} = b \times x_c \times f_{cd} - f_{yd} \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} + f_{yd} \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} + \left(700 - \frac{560}{\frac{x_{cz}}{d_{b2}}}\right) \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2}$$

x_{cy1} = 122 mm

$\xi_{cvy1} = \frac{x_{cz}}{d_{h2}}$ = 1,72 < ξ_{c0v}= 2,11 rugalmas

$\xi_{cvy1} = \frac{x_{cz}}{d_{h1}}$ = 0,23 < ξ_{c0}= 0,49 rugalmas

$\sigma_{sv1} = \left(\frac{560}{\frac{x_{cz1}}{d_{h2}}} - 700\right)$ = -375 N/mm²

$$M_{yRd} = b \times x_{cy} \times f_{cd} \times \left(\frac{h}{2} - \frac{x_{cy}}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{ssz}}{2} \times f_{yd} \times \left(d_{h1} - \frac{h}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{ssz}}{2} \times f_{yd} \times \left(\frac{h}{2} - d_{h2}\right) =$$ 1 279 kNm

4.6.4.2 Normálerő hatása

N_{uv}= 15 294 N

$n_1 = \frac{N_{Ed1}}{N_{uv}}$ = 0,11 n_2= 0,07

n_3= 0,08

$$a_1 = \begin{cases} 1 \; ha \; n \leq 0{,}1 \\ \left(\frac{1{,}5 - 1}{0{,}7 - 0{,}1} \times (n - 0{,}1) + 1\right) ha \; 0{,}1 < n \leq 0{,}7 \\ \left(\frac{2 - 1{,}5}{1 - 0{,}7} \times (n - 0{,}7) + 1{,}5\right) ha \; 0{,}7 < n \leq 1 \\ 2 \; ha \; n_1 > 1 \end{cases}$$ 1

4.6.5 Teherbírás ellenőrzése

$$F_h = \left(\frac{M_{yEd1}}{M_{Rd1y}}\right)^{a1} + \left(\frac{M_{zEd1}}{M_{zRd1}}\right)^{a1} =$$ 91,90 %

F_h = 91,90 % ≤ 100,00 % Megfelel

4.6.6 Nyírási vasalás tervezése

4.6.6.1 Nyírási igénybevétel

V_{Edz}= 49,9 kN
V_{Edy}= 2,5 kN

4.6.6.2 Oszlop ellenörzése nyírásra

4.6.6.2.1 Méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása

$$k = min\left\{1 + \sqrt{\frac{200}{\frac{d_{b1}}{mm}}}^{2}\right. \quad \mathbf{1{,}6} \qquad k = min\left\{1 + \sqrt{\frac{200}{\frac{d_{b2}}{mm}}}^{2}\right. \quad \mathbf{2{,}0}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{salk}}{b \times h} = \quad 0{,}016 \quad < \quad 0{,}020$$

$$\rho_1 = \frac{A_{salk}}{b \times h} = \quad 0{,}009 \quad < \quad 0{,}02$$

$$\sigma_{cp} = min\left(\frac{\max(N_{Ed})}{b \times h}, 0{,}2 \times f_{cd}\right) = \quad 4{,}77 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\upsilon_{min} = 0{,}035 \times k^{\frac{3}{2}} \times (f_{ck})^{\frac{1}{2}} = \quad 0{,}454$$

$$V_{Rdc} = max\left\{\begin{matrix}\left[\frac{0{,}18}{\gamma_c} \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}\right] \times b \times h & 535{,}6 & \text{kN} \\ (\upsilon_{min} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}) \times b \times h & 421{,}4 & \text{kN}\end{matrix}\right.$$

V_{Rdc}= **536** kN

$$V_{Rdc} = max\left\{\begin{matrix}\left[\frac{0{,}18}{\gamma_c} \times k_y \times (100 \times \rho_{1y} \times f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}\right] \times b \times h & 542{,}5 & \text{kN} \\ (\upsilon_{min} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}) \times b \times h & 421{,}4 & \text{kN}\end{matrix}\right.$$

V_{Rdc}= **542,45** kN

V_{Edz} =	49,85	kN	<	V_{Rdc} =	535,60	kN	Megfelel
V_{Edy} =	2,48	kN	<	V_{Rdcy} =	542,45	kN	Megfelel

4.6.7 Szerkesztési szabályok

4.6.7.1 Minimális vasmennyisége

$$A_{smin} = max\left(\frac{0{,}1 \times \max(N_{Ed})}{f_{yd}}; 0{,}003 \times A_{salk}\right) = \quad 395 \quad \text{mm}^2$$

A_{smin} =	395 mm²	<	A_{salk} =	13 069 mm²	Megfelel	

Maximális húzott vasmennyiség

$$A_{smax} = 0{,}04 \times A_c = \quad 14\,400 \text{ mm}^2 \quad > \quad A_{alk} = \quad 13\,069 \text{ mm}^2$$

Megfelel

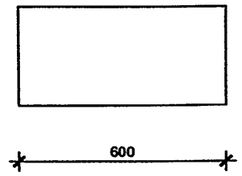
4.6.7.2 Kengyelezés maximális osztástávolsága

$$s_{smax} = min\begin{cases} 12 \times \emptyset & 384 \text{ mm} \\ min(h,b) & 600 \text{ mm} \\ 400\ mm & 400 \text{ mm} \end{cases} \qquad s_s = 384 \text{ mm}$$

A kengyelek kiosztás 230 mm-nél sürübb kell legyen. $s_{salk} = 200$ mm

4.6.8 Pillér fejrész ellenőrzése

4.6.8.1 Geometriai adatok:



b=	600	mm
h =	190	mm
d =	129	mm
f_{ctd} =	2	N/mm^2

Mértékadó teherkombináció

$1{,}35\times0{,}85\times(G+Rtg)+1{,}5\times Q_{szélkereszdaru}+1{,}5\times0{,}6\times Q_{hó}+1{,}35Q_{daru}$

V_{Ed} = 56 kN

4.6.8.2 Beton teherbírásának ellenőrzése

$V_{Rdc} = c \times b_w \times d \times f_{ctd} =$ 46 kN

$$c = \left(1{,}2 - \frac{f_{ck}}{150}\right) \times \left(0{,}15 \times \frac{\rho 1}{100} + \frac{0{,}45}{1 + d/1000}\right) = 0{,}372$$

$V_{Ed} > V_{Rdc}$ Nyírási vasalás szükséges

$V_{Rdmax} = 0{,}5 \times b \times z \times v \times f_{cd} =$
469 kN > Ved 56 kN

$$v = 0{,}6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 1$$

z = 0,9×d = 116 mm

V_{Rdmax} 469 kN > V_{ed} 56 kN

Bevasalható a keresztmetszet

4.6.8.3 Szükséges kengyelezés

$$s_s = \frac{z}{V_{Ed}} \times A_{sw} \times f_{ywd} = 141 \text{ mm}$$

A kengyelek kiosztás 85 mm-nél sűrűbb kell legyen.

s_{salk}= 80 mm

4.6.8.4 Alkalmazott kiosztással a kengyelezés teherbírása

$$V_{Rds} = \frac{z}{SS} \times A_{sw} \times f_{ywd} = 99 \text{ kN}$$

4.6.8.5 Nyírási kengyelezésre vonatkozó szerkesztési szabályok

$$s_{smax} = min\begin{cases} 0{,}75 \times d & \mathbf{96{,}8} & \text{mm} \\ 1{,}5 \times bw & 285{,}0 & \text{mm} \\ 300\ mm & 300{,}0 & \text{mm} \end{cases} \quad > \quad s_{salk} = \quad 80{,}0 \quad \text{mm}$$

Nyírási kengyelezés Megfelelt

4.6.8.6 Nyírási vashányad ellenőrzése

$$\rho = \frac{A_{sw}}{s \times b_w \times sin\alpha} = \quad 1\ ‰ \quad > \quad \rho wmin = \quad 1\ ‰$$

4.6.9 Oszlop talp vizsgálata

4.6.9.1 Geometriai adatok:

a=	600	mm
b_w =	600	mm
d =	541	mm
f_{ctd} =	2	N/mm^2

Mértékadó teherkombináció

$1{,}35\times0{,}85\times(G+Rtg)+1{,}5\times Q_{szélkeresztsima}+1{,}5\times0{,}6\times Q_{hó}+1{,}35\times Q_{Daru}$

V_{Ed} = 135 kN

4.6.9.2 Beton teherbírásának ellenőrzése

$$V_{Rdc} = c \times b_w \times d \times f_{ctd} = \quad 141{,}55 \text{ kN}$$

$$c = \left(1{,}2 - \frac{f_{ck}}{150}\right) \times \left(0{,}15 \times \frac{\rho_1}{100} + \frac{0{,}45}{1 + d/1000}\right) = \quad 0{,}273$$

$V_{Ed} < V_{Rdc}$ Keresztmetszet Megfelel kiegészítő vasalás nélkül

Kengyeltávolságok

$$s_{smax} = min\begin{cases} 15\phi & 480 & \text{mm} \\ hmin & 600 & \text{mm} \\ 400\ mm & \mathbf{400} & \text{mm} \end{cases}$$

A kengyelek kiosztás 240 mm-nél sűrűbb kell legyen. s_{salk}= 200 mm

4. KÉZI SZÁMÍTÁS

4.7 P04-es Pillér méretezése (Mértékadó Nyomatéknál (My))

4.7.1 Kiindulási adatok

4.7.1.1 Anyagok

Beton
C40/50

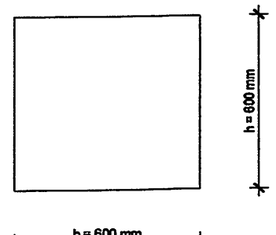
γ_c =	2		f_{ck} =	40	N/mm^2
γ_{conc} =	25	kN/m^3	f_{cd} =	27	N/mm^2
E_{cm} =	34	kN/mm^2	f_{ctd} =	2	N/mm^2
E_{ceff}=	13	kN/mm^2	f_{ctm} =	4	N/mm^2

Betonacél
B500B

γ_s =	1		E_s=	200	kN/mm^2
f_{yk} =	500	N/mm^2	$f_{yd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_s}$ =	435	N/mm^2

4.7.1.2 Geometriai jellemzők

Szélesség	b =	600	mm	
Magasság	h =	600	mm	
Oszlop hossza		l_0 =	13	m
Kihajlási hosszak		ν_y =	2	
		ν_z =	2	



4.7.1.3 Keresztmetszeti jellemzők

Keresztmetszeti terület $A = b \times h$ = 360 000 mm^2

Inercianyomatékok

$$I_y = \frac{b \times h^3}{12} =$$ 10 800 000 000 mm^4

$$I_z = \frac{b^3 \times h}{12} =$$ 10 800 000 000 mm^4

Karcsúság

$$\lambda_y = \frac{\nu_y \times l_0}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}} =$$ 150

$$\lambda_z = \frac{\nu_z \times l_0}{\sqrt{\frac{I_z}{A}}} =$$ 150

Határkarcsúság tényező

$$A = \frac{1}{1 + 0{,}2 \times \varphi_{ef}} =$$ 1

$$B = \sqrt{1 + \omega} =$$ 1

C = 1,7 - r_m = 1

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \times A_\lambda \times B_z \times C_\lambda}{\sqrt{\frac{N_{Ed}}{A \times f_{cd}}}} = 30$$

$\lambda_{y,z}$ = 150 > λ_{lim} = 30

Másodrendű nyomatékok is keletkeznek.

4.7.1.4 Vasalás jellemzői

Betonfedés c_{nom} = 35 mm

Kengyelátmérő ϕ_k 10 mm
Fővas átmérő ϕ 32 mm

Betontakarás

$$b_f = c_{nom} + \Delta\emptyset + \emptyset_k + \frac{\emptyset}{2} = 71 \text{ mm}$$

Hasznos magasság

$d_{b1} = h - c_{nom}$ = 529 mm $d_{b2} = b_f$ = 71 mm
$d_{h1} = h - c_{nom}$ = 529 mm $d_{h2} = b_f$ = 71 mm

4.7.1.5 Elsőrendű igénybevételek

1. eset N_{max}

Mértékadó teherkombináció

$1,35 \times 0,85 \times (G+Rtg) + 1,5 \times Q_{Hó} + 1,5 \times 0,6 \times Q_{szélkeresztd}$

Oszlop alsó pontja		**Oszlop felső pontja**	
M_{Edy1} =	437,29 kNm	M_{Edy1f} =	1,18 kNm
M_{Edz1} =	1,05 kNm	M_{Edz1f} =	0,10 kNm
N_{Ed1} =	1 229,53 kN	N_{Ed1f} =	296,60 kN
V_{Edy1} =	0,37 kN	V_{Edy1f} =	9,45 kN
V_{Edz1} =	46,85 kN	V_{Edz1f} =	18,97 kN

2. eset M_{ymax}

Mértékadó teherkombináció

$(G+Rtg) + 1,5 \times Q_{Szélkeresztsima} + 1,5 \times 0,5 \times Q_{hó} \cdot 1,0 \times Q_{daru}$

M_{Edy2} =	911,59 kNm	M_{Edy2f} =	2,36 kNm
M_{Edz2} =	0,54 kNm	M_{Edz2f} =	0,05 kNm
N_{Ed2} =	692,18 kN	N_{Ed12f} =	133,76 kN
V_{Edy2} =	0,19 kN	V_{Edy2f} =	5,08 kN
V_{Edz2} =	133,48 kN	V_{Edz2f} =	14,21 kN

3. eset M_{zmax}

Mértékadó teherkombináció

$1,35\times0,85\times(G+Rtg)+1,5\times Q_{Szélhosszelőtető}+1,00\times Q_{daru}$

M_{Edy3} =	163,36 kNm	M_{Edy3f} =	4,01 kNm
M_{Edz3}=	5,59 kNm	M_{Edz3f}=	0,39 kNm
N_{Ed3} =	889,39 kN	N_{Ed3f} =	181,12 kN
V_{Edy3} =	0,81 kN	V_{Edy3f}=	13,81 kN
V_{Edz3}=	68,11 kN	V_{Edz3f}=	20,37 kN

4.7.1.6 Külpontosság, másodrendű igénybevételek

4.7.1.7 Külpontos növekmény

Oszlop hossza	l_0 =	13,0	m
Kihajlási hosszak	l_y =	26,0	m
	l_z =	26,0	m

4.7.1.8 Kezdeti külpontosság

Ha a nyomaték a rúd két végén különböző, akkor M_{Ed}:

1. eset

M_{Edy01} = max $(0,6\times M_{Edy1}+0,4\times M_{Edy1f}, 0,4\times M_{Edy1})$= 262,85 kN

M_{Edz01} = max $(0,6\times M_{Edz1}+0,4\times M_{Edz1f}, 0,4\times M_{Edz1})$= 0,67 kN

$e_{ey1} = \frac{M_{Edy}}{N_{Ed}}$ = 213,78 mm $e_{ez1} = \frac{M_{Edz}}{N_{Ed}}$ = 0,54 mm

2. eset

M_{Edy02} = max $(0,6\times M_{Edy2}+0,4\times M_{Edy2f}, 0,4\times M_{Edy2})$= 547,90 kN

M_{Edz02} = max $(0,6\times M_{Edz2}+0,4\times M_{Edz2f}, 0,4\times M_{Edz2})$= 0,34 kN

$e_{ey2} = \frac{M_{Edy}}{N_{Ed}}$ = 791,55 mm $e_{ez2} = \frac{M_{Edz}}{N_{Ed}}$ = 0,50 mm

3. eset

M_{Edy03} = max $(0,6\times M_{Edy3}+0,4\times M_{Edy3f}, 0,4\times M_{Edy3})$= 99,62 kN

M_{Edz03} = max $(0,6\times M_{Edz3}+0,4\times M_{Edz3f}, 0,4\times M_{Edz3})$= 3,51 kN

$e_{ey3} = \frac{M_{Edy}}{N_{Ed}}$ = 112,01 mm $e_{ez3} = \frac{M_{Edz}}{N_{Ed}}$ = 3,95 mm

4.7.1.9 Kezdeti görbeségbök származó külpontosság

$$e_{iy} = \begin{cases} \frac{l_y}{400} & \text{ha } l \le 4 \text{ m} \\ \frac{2}{\sqrt{l}} \times \frac{l_y}{400} & \text{ha } 4 \text{ m} < l > 9 \text{ m} \\ \frac{2}{3} \times \frac{l_y}{400} & \text{ha } l \ge 9 \text{ m} \end{cases} \qquad 43{,}33 \quad \text{mm}$$

$$e_{iz} = \begin{cases} \frac{l_z}{400} & \text{ha } l \le 4 \text{ m} \\ \frac{2}{\sqrt{l}} \times \frac{l_z}{400} & \text{ha } 4 \text{ m} < l > 9 \text{ m} \\ \frac{2}{3} \times \frac{l_z}{400} & \text{ha } l \ge 9 \text{ m} \end{cases} \qquad 43{,}33 \quad \text{mm}$$

4.7.1.10 Másodrendü nyomatékból keletkező külpontosság

Kezdeti görbület

$$\frac{1}{r_{0y}} = \frac{f_{yd}/E_s}{0{,}45 \times d_{h1}} = \quad 0{,}0091 \ 1/\text{m} \qquad r_{0y} = \quad 109{,}5 \ \text{m}$$

$$\frac{1}{r_{0z}} = \frac{f_{yd}/E_s}{0{,}45 \times d_{b1}} = \quad 0{,}0091 \ 1/\text{m} \qquad r_{0z} = \quad 109{,}5 \ \text{m}$$

Kúszás hatása

$$K_{\varphi y} = max\begin{cases} 1 + \beta \times \varphi_{ef} & 0{,}04 \\ 1 & \mathbf{1{,}00} \end{cases} \qquad K_{\varphi z} = \mathbf{1{,}00}$$

$$\beta_y = 0{,}35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda_y}{150} = \quad -0{,}45 \qquad \beta_z = \quad -0{,}45$$

Nromálerő hatása

Minimális vasmennyiség

$$A_{smin} = \max\begin{cases} 0{,}1 \times \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} & 283 \quad \text{mm}^2 \\ 0{,}2 \times b \times h & \mathbf{72\,000} \quad \text{mm}^2 \end{cases}$$

Maximális vasmennyiség

$A_{smax} = 04 \times b \times h =$ 144 000 mm^2

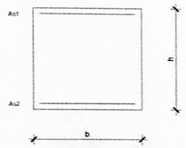
Alkalmazott vasalás

Sarokban

egy sarok 1 db $Ø_s =$ 32 mm

$$A_{ssarok} = 4 \times egysarok \times \frac{Øs^2 \times \pi}{4} = \quad 3\,217 \quad \text{mm}^2$$

Szélesség mentén



szélesség	4	db	O_{sz} =	28	mm	
$A_{ssz} = 2 \times szélesség \times \frac{\emptyset_{sz}^2 \times \pi}{4} =$				4 926	mm^2	

Magasság mentén

magasság	4	db	O_m =	28	mm	
$A_{sm} = 2 \times magasság \times \frac{\emptyset_m^2 \times \pi}{4} =$				4 926	mm^2	

Alkalmazott vasmennyiség

$A_{salk} = A_{ssarok} + A_{sszel} + A_{smagasság}$ = 13 069 mm^2

Vashányad

$$\mu = \frac{A_{salk}}{b \times h} = 0{,}036$$

Nyomott betonzóna határa

$x_{c0h} = d \times \xi$ = 261,06 mm

$x_{c0b} = d \times \xi$ = 261,06 mm

Maximális nyomóerő

$N = f_{cd} \times b \times h + A_{salk} \times f_{yd}$ = 15 294 151 N = 15 294 kN

Teherbírási vonal maximális nyomatékhoz tartozó normálerő közeítőleg

$N_{baly} = f_{cd} \times x_{c0h} \times b$ = 4 182 101 N = 4 182 kN

$N_{balz} = f_{cd} \times x_{c0b} \times h$ = 4 182 101 N = 4 182 kN

$$K_{ry} = \min\left(\frac{N_u - N_{Ed1}}{N_u - N_{baly}}; 1\right) \quad \mathbf{1}$$

$$K_{rz} = \min\left(\frac{N_u - N_{Ed1}}{N_u - N_{balz}}; 1\right) \quad \mathbf{1}$$

Görbület

$$r_y = \frac{1}{K_r \times K_\varphi \times \frac{1}{r_v}} =$$ 109,5 m r_z = 109,5 m

4.7.1.11 Másodrendű külpontosság

$$e_{2y} = \frac{1}{r_v} \times \left(\frac{l_y}{\pi}\right)^2 =$$ 625,5 mm e_{2z} = 625,5 mm

4.7.1.12 Minimális külpontosság

$e_{0y} = max\begin{cases} 20\ mm \\ h/30 \end{cases}$ **20** mm e_{0z} = 20 mm

4.7.1.13 Teljes külpontosság

$e_y = max\begin{cases} e_e + ei + e_2 \\ M_0/N_{Ed} \\ e_0 \end{cases}$ **882,60** mm **1 460,37** mm **780,83** mm
213,78 mm 791,55 mm 112,01 mm
20,00 mm 20,00 mm 20,00 mm

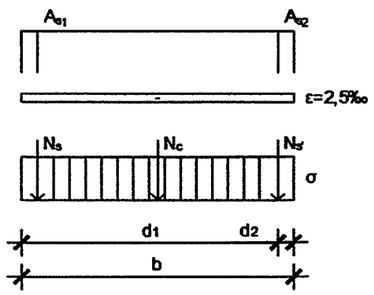
$e_z = max\begin{cases} e_e + ei + e_2 \\ M_0/N_{Ed} \\ e_0 \end{cases}$ **669,37** mm **669,32** mm **672,77** mm
0,54 mm 0,50 mm 3,95 mm
20,00 mm 20,00 mm 20,00 mm

4.7.1.14 Mértékadó nyomatéki igénybevételek

$M_{Edy1}' = N_{Ed} \times e_y$ = **1 085,18** kNm $M_{Edz1}' = N_{Ed} \times e_y$ = **823,00** kNm
$M_{Edy2}' = N_{Ed} \times e_y$ = **1 010,84** kNm $M_{Edz2}' = N_{Ed} \times e_y$ = **463,29** kNm
$M_{Edy3}' = N_{Ed} \times e_y$ = **694,46** kNm $M_{Edz3}' = N_{Ed} \times e_y$ = **598,35** kNm

4.7.2 Teherbírási vonal jellemző pontjai

4.7.2.1 **Z-Z tengely körüli hajlításra**



Legnagyobb normálerő

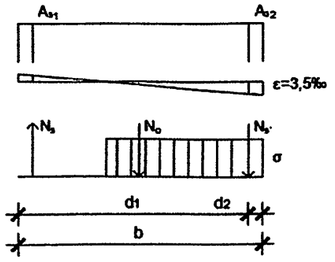
$\sigma_s = min\begin{cases} f_{yd} \\ 400 \end{cases}$ **400** N/mm²

$N_{Rd1} = b \times h \times f_{cd} + A_{salk} \times \sigma_s$ = 14 839 610,18 N = 14 839,61 kN

$$M_{Rdz1} = \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(\frac{b}{2} - d_{b2}\right) - \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(d_{b1} - \frac{b}{2}\right) =$$

M_{Rdz1} = 0 Nmm = 0 kNm

Legnagyobb nyomaték



$x_c = x_{c0b}$ = 259,21 mm

Nyomott acélbetétek megfolyásának ellenőrzése

$\xi_{cz} = \frac{x_c}{d}$ = 3,7 > ξ_{c0v} = 2,1 Megfolyik

$N_{Rd2z} = h \times x_{c0b} \times f_{cd}$ = 4 152 544,20 N = 4 152,54 kN

$$M_{Rd2} = h \times x_c \times f_{cd} \times \left(\frac{b}{2} - \frac{x_c}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{sszél}}{2} \times f_{yd} \times \left(d - \frac{b}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{sszél}}{2} \times f_{yd} \times \left(d - \frac{b}{2}\right) =$$ 1 763 556 801,22 Nmm

N = 0

$$M_{Rd3z} = \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times (d_{b1} _ d_{b2}) =$$ 1 301 212 551,60 Nmm

4.7.2.2 **Y-Y tengely körüli hajlításra**

Legnagyobb normálerő

$N_{Rd1y} = b \cdot h \cdot f_{cd} + A_{salk} \cdot \sigma_s =$ 14 839 610,18 N

$$M_{Rd1y} = \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(\frac{h}{2} - d_{h2}\right) - \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(d_{h1} _ \frac{h}{2}\right) =$$

$M_{Rdy1} =$ 0 Nmm 0 kNm

Legnagyobb nyomaték

$x_{c2} = x_{c0h} =$ 261 mm

Nyomott acélbetétek megfolyásának ellenőrzése

$$\xi_{cy} = \frac{x_{c2}}{d_{h2}} =$$ 3,68 > $\xi_{c0v} =$ 2,11 Megfolyik

$N_{Rd2y} = b \times x_{c2} \times f_{cd} =$ 4 182 101 N

$$M_{Rd2y} = b \times x_c \times f_{cd} \times \left(\frac{h}{2} - \frac{x_c}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(d_{h1} - \frac{h}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(\frac{h}{2} - d_{h2}\right) =$$ 1 764 735 165 Nmm

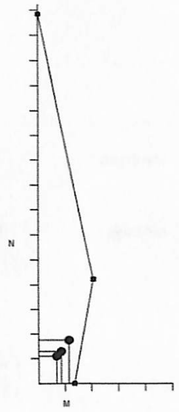
N=0 esetben

$$M_{Rd3y} = \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times (d_{h1} _ d_{h2}) =$$ 1 301 212 552 Nmm

4.7.3 Keresztmetszeti ellenőrzés

4.7.3.1 Z-Z tengely körüli hajlításra

N_{Ed}	1 229,53 kN	N_{rd}	14 839,61 kN
	692,18 kN		4 152,54 kN
	889,39 kN		0,00 kN
M_{ed}	823,00 kNm	M_{Rd}	0,00 kNm
	463,29 kNm		1 763,56 kNm
	598,35 kNm		1 301,21 kNm



4.7.3.2 Y-Y tengely körüli hajlításra

N_{Ed}	1 229,53 kN	N_{rd}	14 839,61 kN
	692,18 kN		4 152,54 kN
	889,39 kN		0,00 kN
M_{ed}	1 085,18 kNm	M_{Rd}	0,00 kNm
	1 010,84 kNm		1 764,74 kNm
	694,46 kNm		1 301,21 kNm

4.7.4 Ellenőrzés kéttengelyű hajlításra

4.7.4.1 Z-Z tengely körül

NEd1= 1 229,53 kN

xc = 0 mm

$$N_{Ed1} = h \times x_c \times f_{cd} - f_{yd} \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} + f_{yd} \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} =$$

x_{cz} = 76,75 mm

ξ_{c0v}= 2,11
ξ_{c0}= 0,49

$\xi_{cv} = \frac{x_{cz}}{d_{b2}} =$	1,08	<	ξ_{c0v}=	2,11	rugalmas
$\xi_{cv} = \frac{x_{cz}}{d_{b1}} =$	0,15	<	ξ_{c0}=	0,49	rugalmas

xc = 0,00 mm

$$N_{Ed1} = b \times x_c \times f_{cd} - f_{yd} \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} + f_{yd} \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} + \left(700 - \frac{560}{\frac{x_{cz}}{d_{b2}}}\right) \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2}$$

x_{cy1} = 105,30 mm

$\xi_{cvy1} = \frac{x_{cz}}{d_{h2}}$ = 1,48 < ξ_{c0v}= 2,11 rugalmas

$\xi_{cvy1} = \frac{x_{cz}}{d_{h1}}$ = 0,20 < ξ_{c0}= 0,49 rugalmas

$\sigma_{sv1} = \left(\frac{560}{\frac{x_{cvz1}}{d_{hz}}} - 700\right)$ = -322,43 N/mm^2

$$M_{yRd} = b \times x_{cy} \times f_{cd} \times \left(\frac{h}{2} - \frac{x_{cy}}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{ssz}}{2} \times f_{yd} \times \left(d_{h1} - \frac{h}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{ssz}}{2} \times f_{yd} \times \left(\frac{h}{2} - d_{h2}\right) =$$ 1 228,02 kNm

4.7.4.2 Normálerő hatása

N_{uv}= 15 294,15 N

$n_1 = \frac{N_{Ed1}}{N_{uv}}$ = 0,08 n2= 0,05

n_3= 0,06

$$a_1 = \begin{cases} 1 \; ha \; n \leq 0{,}1 \\ \left(\frac{1{,}5 - 1}{0{,}7 - 0{,}1} \times (n - 0{,}1) + 1\right) ha \; 0{,}1 < n \leq 0{,}7 \\ \left(\frac{2 - 1{,}5}{1 - 0{,}7} \times (n - 0{,}7) + 1{,}5\right) ha \; 0{,}7 < n \leq 1 \\ 2 \; ha \; n_1 > 1 \end{cases}$$ 1

4.7.5 Teherbírás ellenőrzése

$$F_h = \left(\frac{M_{yEd1}}{M_{Rd1y}}\right)^{a1} + \left(\frac{M_{zEd1}}{M_{zRd1}}\right)^{a1} =$$ 0,88 %

F_h = 0,88 % ≤ 1 % Megfelel

4.7.6 Nyírási vasalás tervezése

4.7.6.1 Nyírási igénybevétel

V_{Edz}= 133,48 kN
V_{Edy}= 0,81 kN

4.7.6.2 Oszlop ellenörzése nyírásra

4.7.6.2.1 Méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása

$$k = min\begin{cases} 1 + \sqrt{\frac{200}{\frac{d_{b1}}{mm}}}^{2} \\ 2 \end{cases} \qquad k = min\begin{cases} 1 + \sqrt{\frac{200}{\frac{d_{b2}}{mm}}}^{2} \\ 2 \end{cases}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{salk}}{b \times h} = \quad 0{,}0363 \quad < \quad 0{,}0200$$

$$\rho_{1y} = \frac{A_{salk}}{b \times h} = \quad 0{,}0363 \quad < \quad 0{,}0200$$

$$\sigma_{cp} = min\left(\frac{\max(N_{Ed})}{b \times h}, 0{,}2 \times f_{cd}\right) = \quad 3{,}42 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\upsilon_{min} = 0{,}035 \times k^{\frac{3}{2}} \times (f_{ck})^{\frac{1}{2}} = \quad 0{,}45$$

$$V_{Rdc} = max\begin{cases} \left[\frac{0{,}18}{\gamma_c} \times k \times (100 \times \rho_1 \times {}_{fck})^{\frac{1}{3}} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}\right] \times b \times h & 551{,}11 \text{ kN} \\ (\upsilon_{min} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}) \times b \times h & 347{,}96 \text{ kN} \end{cases}$$

V_{Rdc}= **551,11** kN

$$V_{Rdc} = max\begin{cases} \left[\frac{0{,}18}{\gamma_c} \times k_y \times (100 \times \rho_{1y} \times f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}\right] \times b \times h & 638{,}56 \text{ kN} \\ (\upsilon_{min} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}) \times b \times h & 347{,}96 \text{ kN} \end{cases}$$

V_{Rdc}= **638,56** kN

V_{Edz} =	133,48 kN	<	V_{Rdc} =	551,11 kN	Megfelel
V_{Edy} =	0,81 kN	<	V_{Rdcy} =	638,56 kN	Megfelel

4.7.7 Szerkesztési szabályok

4.7.7.1 Minimális vasmennyisége

$$A_{smin} = max\left(\frac{0{,}1 \times \max(N_{Ed})}{f_{yd}}; 0{,}003 \times A_{salk}\right) = \quad 282{,}79 \quad \text{mm}^2$$

Asmin = 282,79 mm² < A_{salk} = 13 069,03 mm² Megfelel

Maximális húzott vasmennyiség

$A_{smax} = 0{,}04 \times A_c =$ 14 400,00 mm² > A_{alk} = 13 069,03 mm²

Megfelel

4.7.7.2 Kengyelezés maximális osztástávolsága

$$s_{smax} = min\begin{cases} 12 \times \emptyset \\ min(h, b) \\ 400\ mm \end{cases}$$

384 mm
600 mm
400 mm

$s_s =$ 384 mm

A kengyelek kiosztás 230 mm-nél sürübb kell legyen. $s_{salk} =$ 200 mm

4. KÉZI SZÁMÍTÁS

4.8 P02-es Pillér méretezése (Mértékadó Nyomatéknál (Mz)

4.8.1 Kiindulási adatok

4.8.1.1 Anyagok

Beton
C40/50

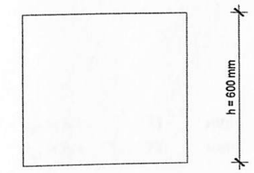
γ_c =	2		f_{ck} =	40	N/mm^2
γ_{conc} =	25	kN/m^3	f_{cd} =	27	N/mm^2
E_{cm} =	34	kN/mm^2	f_{ctd} =	2	N/mm^2
E_{ceff}=	13	kN/mm^2	f_{ctm} =	4	N/mm^2

Betonacél
B500B

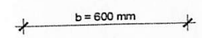
γ_s =	1		E_s=	200	kN/mm^2
f_{yk} =	500	N/mm^2	$f_{yd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_s}$ =	435	N/mm^2

4.8.1.2 Geometriai jellemzők

Szélesség	b =	600	mm	
Magasság	h =	600	mm	
Oszlop hossza		l_0 =	13	m
Kihajlási hosszak		ν_y =	2	
		ν_z =	2	



4.8.1.3 Keresztmetszeti jellemzők



Keresztmetszeti terület $A = b \times h$ = 360 000 mm^2

Inercianyomatékok

$$I_y = \frac{b \times h^3}{12} = \quad 10\,800\,000\,000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = \frac{b^3 \times h}{12} = \quad 10\,800\,000\,000 \text{ mm}^4$$

Karcsúság

$$\lambda_y = \frac{\nu_y \times l_0}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}} = \quad 150$$

$$\lambda_z = \frac{\nu_z \times l_0}{\sqrt{\frac{I_z}{A}}} = \quad 150$$

Határkarcsúság tényező

$$A = \frac{1}{1 + 0{,}2 \times \varphi_{ef}} = \quad 1$$

$$B = \sqrt{1+\omega} = \quad 1$$

$$C = 1{,}7 - r_m = \quad 1$$

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \times A_\lambda \times B_z \times C_\lambda}{\sqrt{\frac{N_{Ed}}{A \times f_{cd}}}} = \quad 62$$

$\lambda_{y,z}$ = 150 > λ_{lim} = 62

Másodrendű nyomatékok is keletkeznek.

4.8.1.4 Vasalás jellemzői

Betonfedés c_{nom} = 35 mm

Kengyelátmérő ϕ_k 10 mm
Fővas átmérő ϕ 32 mm

Betontakarás

$$b_f = c_{nom} + \Delta\emptyset + \emptyset_k + \frac{\emptyset}{2} = \quad 71 \text{ mm}$$

Hasznos magasság

$d_{b1} = h - c_{nom}$ =	529	mm	$d_{b2} = b_f$ =	71	mm
$d_{h1} = h - c_{nom}$ =	529	mm	$d_{h2} = b_f$ =	71	mm

4.8.1.5 Elsőrendű igénybevételek

1. eset N_{max}

Mértékadó teherkombináció

1,35×0,85×(G+Rtg)+1,5×Qhó+1,5×0,6×$Q_{szélkereszts.}$+1,0×Qdaru

	Oszlop alsó pontja		**Oszlop felső pontja**	
M_{Edy1} =	7,59	kNm	M_{Edy1f} =	0,00 kNm
M_{Edz1} =	600,13	kNm	M_{Edz1f} =	0,00 kNm
N_{Ed1} =	294,43	kN	N_{Ed1f} =	27,54 kN
V_{Edy1} =	63,32	kN	V_{Edy1f} =	9,34 kN
V_{Edz1} =	7,16	kN	V_{Edz1f} =	9,85 kN

2. eset M_{ymax}

Mértékadó teherkombináció

1,35×0,85×(G+Rtg)+1,5×$Q_{szélkeresztd.}$+1,5×0,5Q×$_{Hó+1,0×Qdaru}$

M_{Edy2} =	62,61 kNm	M_{Edy2f} =	0,00 kNm
M_{Edz2} =	671,96 kNm	M_{Edz2f} =	0,00 kNm
N_{Ed2} =	151,06 kN	N_{Ed12f} =	45,81 kN
V_{Edy2} =	93,71 kN	V_{Edy2f} =	15,57 kN
V_{Edz2} =	13,59 kN	V_{Edz2f} =	21,75 kN

3. eset M_{zmax}

Mértékadó teherkombináció

$1,35 \times 0,85 \times (G+Rtg)+1,5 \times Q_{szélkeresztd}+1,5 \times 0,5 \times Q_{Hó}+1,0 \times Qdaru$

M_{Edy3} =	62,61 kNm	M_{Edy3f} =	0,00 kNm
M_{Edz3} =	671,96 kNm	M_{Edz3f} =	0,00 kNm
N_{Ed3} =	151,06 kN	N_{Ed3f} =	45,81 kN
V_{Edy3} =	93,71 kN	V_{Edy3f} =	15,57 kN
V_{Edz3} =	13,59 kN	V_{Edz3f} =	21,75 kN

4.8.1.6 Külpontosság, másodrendű igénybevételek

4.8.1.6.1 Külpontos növekmény

Oszlop hossza	l_0 =	13,0	m
Kihajlási hosszak	l_y =	26,0	m
	l_z =	26,0	m

4.8.1.6.2 Kezdeti külpontosság

Ha a nyomaték a rúd két végén különböző, akkor M_{Ed}:

1. eset

$M_{Edy01} = \max(0,6 \times M_{Edy1}+0,4 \times M_{Edy1f}, 0,4 \times M_{Edy1})$= 4,55 kN

$M_{Edz01} = \max(0,6 \times M_{Edz1}+0,4 \times M_{Edz1f}, 0,4 \times M_{Edz1})$= 360,08 kN

$e_{ey1} = \frac{M_{Edy}}{N_{Ed}}$ = 15,47 mm $e_{ez1} = \frac{M_{Edz}}{N_{Ed}}$ = 1 222,97 mm

2. eset

$M_{Edy02} = \max(0,6 \times M_{Edy2}+0,4 \times M_{Edy2f}, 0,4 \times M_{Edy2})$= 37,57 kN

$M_{Edz02} = \max(0,6 \times M_{Edz2}+0,4 \times M_{Edz2f}, 0,4 \times M_{Edz2})$= 403,18 kN

$e_{ey2} = \frac{M_{Edy}}{N_{Ed}}$ = 248,68 mm $e_{ez2} = \frac{M_{Edz}}{N_{Ed}}$ = 2 668,98 mm

3. eset

$M_{Edy03} = \max(0,6 \times M_{Edy3}+0,4 \times M_{Edy3f}, 0,4 \times M_{Edy3})$= 37,57 kN

$M_{Edz03} = \max(0,6 \times M_{Edz3}+0,4 \times M_{Edz3f}, 0,4 \times M_{Edz3})$= 403,18 kN

$e_{ey3} = \frac{M_{Edy}}{N_{Ed}} =$ 248,68 mm $e_{ez3} = \frac{M_{Edz}}{N_{Ed}} =$ 2 668,98 mm

4.8.1.6.3 Kezdeti görbeségbök származó külpontosság

$$e_{iy} = \begin{cases} \frac{l_y}{400} & \text{ha } l \leq 4 \text{ m} \\ \frac{2}{\sqrt{l}} \times \frac{l_y}{400} & \text{ha } 4 \text{ m} < l > 9 \text{ m} \\ \frac{2}{3} \times \frac{l_y}{400} & \text{ha } l \geq 9 \text{ m} \end{cases} \quad 43{,}33 \text{ mm}$$

$$e_{iz} = \begin{cases} \frac{l_z}{400} & \text{ha } l \leq 4 \text{ m} \\ \frac{2}{\sqrt{l}} \times \frac{l_z}{400} & \text{ha } 4 \text{ m} < l > 9 \text{ m} \\ \frac{2}{3} \times \frac{l_z}{400} & \text{ha } l \geq 9 \text{ m} \end{cases} \quad 43{,}33 \text{ mm}$$

4.8.1.7 Másodrendű nyomatékból keletkező külpontosság

Kezdeti görbület

$\frac{1}{r_{0y}} = \frac{f_{yd}/Es}{0{,}45 \times dh_1} =$ 0,009 1/m $r_{0y} =$ 109,50 m

$\frac{1}{r_{0z}} = \frac{f_{yd}/Es}{0{,}45 \times db_1} =$ 0,009 1/m $r_{0z} =$ 109,50 m

Kúszás hatása

$K_{\varphi y} = max\begin{cases} 1 + \beta \times \varphi_{ef} \\ 1 \end{cases}$ 0,04 **1,00** $K_{\varphi z} =$ **1,00**

$\beta_y = 0{,}35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda_y}{150} =$ -0,45 $\beta_z =$ -0,45

Nromálerő hatása

Minimális vasmennyiség

$A_{smin} = \max\begin{cases} 0{,}1 \times \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \\ 0{,}2 \times b \times h \end{cases}$ 68 mm^2 **72 000** mm^2

Maximális vasmennyiség

$A_{smax} = 04 \times b \times h =$ 144 000 mm^2

Alkalmazott vasalás
Sarokban

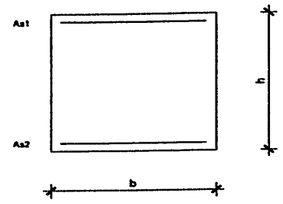
egy sarok 1 db $\emptyset_s$ = 28 mm

$$A_{ssarok} = 4 \times egysarok \times \frac{\emptyset s^2 \times \pi}{4} = \quad 2\,463 \text{ mm}^2$$

Szélesség mentén

szélesség 2 db $\emptyset_{sz}$ = 28 mm

$$A_{ssz} = 2 \times szélesség \times \frac{\emptyset_{sz}{}^2 \times \pi}{4} = \quad 2\,463 \text{ mm}^2$$



Magasság mentén

magasság 2 db $\emptyset_m$ = 28 mm

$$A_{sm} = 2 \times magasság \times \frac{\emptyset_m{}^2 \times \pi}{4} = \quad 2\,463 \text{ mm}^2$$

Alkalmazott vasmennyiség

$A_{salk} = A_{ssarok} + A_{sszél} + A_{smagasság}$ = 7 389 mm^2

Vashányad

$$\mu = \frac{A_{salk}}{b \times h} = \quad 0{,}021$$

Nyomott betonzóna határa

$x_{c0h} = d \times \xi$ = 261,06 mm

$x_{c0b} = d \times \xi$ = 261,06 mm

Maximális nyomóerő

$N = f_{cd} \times b \times h + A_{salk} \times f_{yd}$ = 12 824 601 N = 12 825 kN

Teherbírási vonal maximális nyomatékhoz tartozó normálerő közeítőleg

$N_{baly} = f_{cd} \times x_{c0h} \times b$ = 4 182 101 N = 4 182,10 kN
$N_{balz} = f_{cd} \times x_{c0b} \times h$ = 4 182 101 N = 4 182,10 kN

$$K_{ry} = \min\left(\frac{N_u - N_{Ed1}}{N_u - N_{baly}}; 1\right) \quad \mathbf{1{,}00}$$

$$K_{rz} = \min\left(\frac{N_u - N_{Ed1}}{N_u - N_{balz}}; 1\right) \quad \mathbf{1{,}00}$$

Görbület

$$r_y = \frac{1}{K_r \times K_\varphi \times \frac{1}{r_y}} = \quad 109{,}5 \text{ m} \qquad r_z = \quad 109{,}5 \text{ m}$$

4.8.1.8 Másodrendű külpontosság

$$e_{2y} = \frac{1}{r_y} \times \left(\frac{l_y}{\pi}\right)^2 =$$ 625,5 mm $e_{2z} =$ 625,5 mm

4.8.1.9 Minimális külpontosság

$$e_{0y} = max\begin{cases}20\ mm \\ h/30\end{cases}$$ **20** mm $e_{0z} =$ 20 mm

4.8.1.10 Teljes külpontosság

$$e_y = max\begin{cases}e_e + ei + e_2 \\ M_0/N_{Ed} \\ e_0\end{cases}$$

	684,29	mm	**917,50**	mm	**917,50**	mm
	15,47	mm	248,68	mm	248,68	mm
	20,00	mm	20,00	mm	20,00	mm

$$e_z = max\begin{cases}e_e + ei + e_2 \\ M_0/N_{Ed} \\ e_0\end{cases}$$

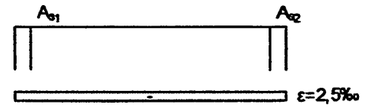
	1 891,79	mm	**3 337,80**	mm	**3 337,80**	mm
	1 222,97	mm	2 668,98	mm	2 668,98	mm
	20,00	mm	20,00	mm	20,00	mm

4.8.1.14 Mértékadó nyomatéki igénybevételek

$M_{Edy1}' = N_{Ed} \times e_y =$	**201,47** kNm	$M_{Edz1}' = N_{Ed} \times e_y =$	**557,00** kNm
$M_{Edy2}' = N_{Ed} \times e_y =$	**138,60** kNm	$M_{Edz2}' = N_{Ed} \times e_y =$	**504,21** kNm
$M_{Edy3}' = N_{Ed} \times e_y =$	**138,60** kNm	$M_{Edz3}' = N_{Ed} \times e_y =$	**504,21** kNm

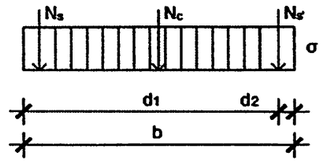
4.8.2 Teherbírási vonal jellemző pontjai

4.8.2.1 **Z-Z tengely körüli hajlításra**



Legnagyobb normálerő

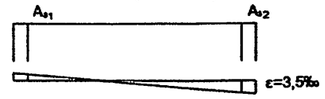
$$\sigma_s = min\begin{cases}f_{yd} \\ 400\end{cases}$$ **400** N/mm²



$N_{Rd1} = b \times h \times f_{cd} + A_{salk} \times \sigma_s =$ 12 567 610,37 N = 12 567,61 kN

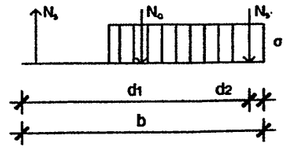
$$M_{Rdz1} = \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(\frac{b}{2} - d_{b2}\right) - \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(d_{b1} - \frac{b}{2}\right) =$$

$M_{Rdz1} =$ 0 Nmm = 0 kNm



Legnagyobb nyomaték

$x_c = x_{c0b} =$ 259,21 mm



Nyomott acélbetétek megfolyásának ellenőrzése

$$\xi_{cz} = \frac{x_c}{d} =$$ 4 > $\xi_{c0v} =$ 2 Megfolyik

N_{Rdz} = h × x_{c0b} × f_{cd} = 4 152 544,20 N = 4 152,54 kN

$$M_{Rd2} = h \times x_c \times f_{cd} \times \left(\frac{b}{2} - \frac{x_c}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{szél}}{2} \times f_{yd} \times \left(d - \frac{b}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + As_{szél}}{2} \times f_{yd} \times \left(d - \frac{b}{2}\right) = \quad 1\,443\,258\,326{,}98 \quad \text{Nmm}$$

N = 0

$$M_{Rd3z} = \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times (d_{b1} - d_{b2}) = \quad 735\,685\,558{,}02 \quad \text{Nmm}$$

4.8.2.2 **Y-Y tengely körüli hajlításra**

Legnagyobb normálerő

$N_{Rd1y} = b \times h \times f_{cd} + A_{salk} \times \sigma_s =$ 12 567 610,37 N

$$M_{Rd1y} = \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(\frac{h}{2} - d_{h2}\right) - \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(d_{h1} - \frac{h}{2}\right) =$$

$M_{Rdy1} =$ 0 Nmm 0 kNm

Legnagyobb nyomaték

Legnagyobb nyomaték

$x_{c2} = x_{c0h} =$ 261 mm

Nyomott acélbetétek megfolyásának ellenőrzése

$$\xi_{cy} = \frac{x_{c2}}{d_{h2}} = \quad 4 \quad > \quad \xi_{c0v} = \quad 2 \quad \text{Megfolyik}$$

$N_{Rd2y} = b \times x_{c2} \times f_{cd} =$ 4 182 101 N

$$M_{Rd2y} = b \times x_c \times f_{cd} \times \left(\frac{h}{2} - \frac{x_c}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(d_{h1} - \frac{h}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times \left(\frac{h}{2} - d_{h2}\right) = \quad 1\,321\,822\,431 \quad \text{Nmm}$$

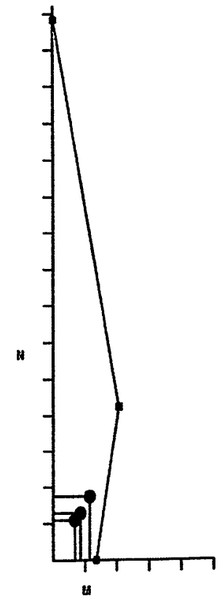
N=0 esetben

$$M_{Rd3y} = \frac{A_{ssarok} + A_{ssz} + A_{sm}}{2} \times f_{yd} \times (d_{h1} - d_{h2}) = \quad 735\,685\,558 \quad \text{Nmm}$$

4.8.3 Keresztmetszeti ellenörzés

4.8.3.1 Z-Z tengely körüli hajlításra

N_{Ed}	294,4 kN	N_{rd}	12 567,6 kN
	151,1 kN		4 152,5 kN
	151,1 kN		0,0 kN
M_{ed}	557,0 kNm	M_{Rd}	0,0 kNm
	504,2 kNm		1 443,3 kNm
	504,2 kNm		735,7 kNm



4.8.3.2 Y-Y tengely körüli hajlításra

N_{Ed}	294,4 kN	N_{rd}	12 567,6 kN
	151,1 kN		4 152,5 kN
	151,1 kN		0,0 kN
M_{ed}	201,5 kNm	M_{Rd}	0,0 kNm
	138,6 kNm		1 321,8 kNm
	138,6 kNm		735,7 kNm

4.8.4 Ellenőrzés kéttengelyű hajlításra

4.8.4.1 Z-Z tengely körül

N_{Ed1}= 294 kN

x_c = 0 mm

$$N_{Ed1} = h \times x_c \times f_{cd} - f_{yd} \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} + f_{yd} \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} =$$

x_{cz} = 18 mm

ξ_{c0v}= 2,11

ξ_{c0}= 0,49

$\xi_{cv} = \frac{x_{cz}}{d_{b2}} =$	0,26	<	ξ_{c0v}=	2,11	rugalmas
$\xi_{cv} = \frac{x_{cz}}{d_{b1}} =$	0,03	<	ξ_{c0}=	0,49	megfolyik

x_c = 0 mm

$$N_{Ed1} = b \times x_c \times f_{cd} - f_{yd} \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} + f_{yd} \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2} + \left(700 - \frac{560}{\frac{x_{cz}}{d_{b2}}}\right) \times \frac{A_{ssarok} + A_{sm}}{2}$$

x_{cy1} = 68 mm

$\xi_{cvy1} = \frac{x_{cz}}{d_{h2}}$ = 0,95 < ξ_{c0v}= 2,11 rugalmas

$\xi_{cvy1} = \frac{x_{cz}}{d_{h1}}$ = 0,13 < ξ_{c0}= 0,49 megfolyik

$\sigma_{sv1} = \left(\frac{560}{\frac{x_{cvv}}{d_{h2}}} - 700\right)$= -113 N/mm²

$$M_{yRd} = b \times x_{cy} \times f_{cd} \times \left(\frac{h}{2} - \frac{x_{cy}}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{ssz}}{2} \times f_{yd} \times \left(d_{h1} - \frac{h}{2}\right) + \frac{A_{ssarok} + A_{ssz}}{2} \times f_{yd} \times \left(\frac{h}{2} - d_{h2}\right) = 779 \text{ kNm}$$

4.8.4.2 Normálerő hatása

N_{uv}= 12 825 N

$n_1 = \frac{N_{Ed1}}{N_{uv}}$ = 0,02 n2= 0,01

n_3= 0,01

$$a_1 = \begin{cases} 1 \; ha \; n \leq 0{,}1 \\ \left(\frac{1{,}5 - 1}{0{,}7 - 0{,}1} \times (n - 0{,}1) + 1\right) ha \; 0{,}1 < n \leq 0{,}7 \\ \left(\frac{2 - 1{,}5}{1 - 0{,}7} \times (n - 0{,}7) + 1{,}5\right) ha \; 0{,}7 < n \leq 1 \\ 2 \; ha \; n_1 > 1 \end{cases} \quad \mathbf{1}$$

4.8.5 Teherbírás ellenőrzése

$$F_h = \left(\frac{M_{yEd1}}{M_{Rd1y}}\right)^{a1} + \left(\frac{M_{zEd1}}{M_{zRd1}}\right)^{a1} = 90{,}58\ \%$$

F_h = 90,58 % ≤ 100 % Megfelel

4.8.6 Nyírási vasalás tervezése

4.8.6.1 Nyírási igénybevétel

$V_{Ed,z}$= 14 kN
$V_{Ed,y}$= 94 kN

4.8.6.2 Oszlop ellenörzése nyírásra

4.8.6.2.1 Méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó keresztmetszet nyírási teherbírása

$$k = min\left\{1 + \sqrt{\frac{200}{\frac{d_{b1}}{mm}}}\right.^{2} \quad 2 \qquad k = min\left\{1 + \sqrt{\frac{200}{\frac{d_{b2}}{mm}}}\right.^{2} \quad 2$$

$$\rho_1 = \frac{A_{salk}}{b \times h} = \quad 0{,}02 \quad < \quad 0{,}02$$

$$\rho_{1y} = \frac{A_{salk}}{b \times h} = \quad 0{,}02 \quad < \quad 0{,}02$$

$$\sigma_{cp} = min\left(\frac{\max(N_{Ed})}{b \times h}, 0{,}2 \times f_{cd}\right) = \quad 0{,}8 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\upsilon_{min} = 0{,}035 \times k^{2} \times (f_{ck})^{2} = \quad 0{,}454$$

$$V_{Rdc} = max\left\{\begin{array}{ll}\left[\frac{0{,}18}{\gamma_c} \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}\right] \times b \times h & 347 \quad \text{kN} \\ (\upsilon_{min} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}) \times b \times h & 208 \quad \text{kN}\end{array}\right.$$

V_{Rdc}= **347** kN

$$V_{Rdc} = max\left\{\begin{array}{ll}\left[\frac{0{,}18}{\gamma_c} \times k_y \times (100 \times \rho_{1y} \times f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}\right] \times b \times h & 420 \quad \text{kN} \\ (\upsilon_{min} + 0{,}15 \times \sigma_{cp}) \times b \times h & 208 \quad \text{kN}\end{array}\right.$$

V_{Rdc}= **419,7** kN

V_{Edz} =	13,6 kN	<	V_{Rdc} =	347,4 kN	Megfelel
V_{Edy} =	93,7 kN	<	V_{Rdcy} =	419,7 kN	Megfelel

4.8.7 Szerkesztési szabályok

4.8.7.1 Minimális vasmennyisége

$$A_{smin} = max\left(\frac{0{,}1 \times \max(N_{Ed})}{f_{yd}}; 0{,}003 \times A_{salk}\right) = \quad 67{,}7 \quad \text{mm}^2$$

A_{smin} =	67,7 mm^2	<	A_{salk} =	7 389,0 mm^2	Megfelel

Maximális húzott vasmennyiség

$$A_{smax} = 0{,}04 \times A_c = \quad 14\,400 \text{ mm}^2 \quad > \quad A_{alk} = \quad 7\,389 \text{ mm}^2$$

Megfelel

4.8.7.2 Kengyelezés maximális osztástávolsága

$$s_{smax} = min\begin{cases} 12 \times \emptyset \\ min(h, b) \\ 400\ mm \end{cases}$$

384 mm
600 mm
400 mm

$s_s =$ 384 mm

A kengyelek kiosztás 230 mm-nél sürübb kell legyen. $s_{salk} =$ 200 mm

4.10 Kehelyalap számítása

4.10.1 Kiindulási adatok

4.10.1.1 Anyagminőség

Beton

C30/37	γ_c =	1,5		E_{cm} =	32	kN/mm^2
	γ_{conc} =	25	kN/m^3	φ_t =	2	
	f_{ck} =	30	N/mm^2	ε_{cst} =	0,0005	
	f_{cd} =	20	N/mm^2			
	f_{ctm} =	2,9	N/mm^2	$E_{ceff} = \frac{E_{cm}}{1+\varphi_t}$ =	10,67	kN/mm^2
	f_{ctd} =	1,33	N/mm^2			

Betonacél

B500B	γ_s =	1,15		E_s =	200	kN/mm^2
	f_{yk} =	500	N/mm^2	$f_{yd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_s}$ =	435	N/mm^2

4.10.1.2 Geometriai jellemzők

Oszlop:

h =	60 cm
b =	60 cm
L =	13 m

Kehely:

a=	70 cm	a_1=	120 cm
b =	70 cm	b_1 =	120 cm
d =	10 cm	v =	25 cm

Talp:

A =	3,5 m
B =	3,0 m
t =	50 cm

4.10.3 Befogási hossz

h ≥ a_2 = 0,8 cm

4.10.3 Leterhelő földtömeg

Takarás	t_t =	1,2 m
Belső surlódási szög	φ =	15 °
Térfogatsúly	ρ =	18 kN/m^3

$kp = t_g{}^2\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) =$ 1,894

E_p= kp × σ_z × t × 0,5 × B = 172,46 kN

Normálerők az alapsíkon

N_{Ed}= 1718,95 kN
M_{Ed} = 595,80 kNm

G = A × B × t × ρ = 105 kN

$N_{Ed}' = N_{Ed} + 1{,}35 \times G$ = 1860,7 kN

$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}'} =$ 0,320 m

$\sigma = \frac{N_{Ed}'}{A} =$ 216,90 kN/m^2 < 258 kN/mm^2

4.10.4 Kehelytalp vastagságának meghatározása

4.10.4.1 Vasalás jellemzői

Betonfedés c_{nom}= 35 mm

Kengyelátmérő ϕ_k 10 mm
Fővas átmérő ϕ 28 mm

Betontakarás

$b_f = c_{nom} + \Delta\emptyset + \emptyset_k + \frac{\emptyset}{2} =$ 59 mm

Hasznos magasság

d_x = h - c_{nom} = 441 mm
d_y = h - c_{nom} = 441 mm

$d = d_{eff} = \frac{d_x + dy}{2} =$ 441 mm

t = 2,51 m

A' = 7,53 m^2

$\Delta V_{talai} = \sigma_{tényleges} \times A' =$ 1942,43 kN

M_{cd}= 1218,68 kNm

M_{Rd}= 1805,61 kNm

xc= 156,33 mm

As = 9018,97 mm^2

4.10.4.2 Átszúródási teherbírás

$$V_{Rdc} = max\begin{cases}\frac{0,18}{\gamma_c} \times k \times (100 \times \rho \times fck)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \times \sigma_{cp} & 2,593\ \text{kN} \\ vmin + 0,15 \times \sigma cp & 0,415\ \text{kN}\end{cases}$$

$V_{Rdmax} = 0,75 \times \upsilon \times f_{cd} =$ 5,28 kN

$V_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{u_0 \times d} =$ 1,84 kN < VRdc= 2,593 kN

Átszúródásra nem kell vasalni

4.10.4.3 Kehelynyak méretezése

M_{cd} = 911,59 kNm

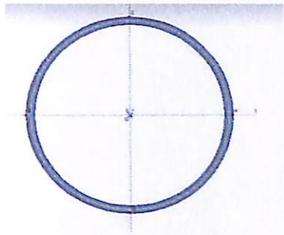
Kehelynak típus:

a = 140 cm
b= 90 cm
v= 25 cm

m= 115 cm C = 956 kNm

Alkalmazott vasalás: Ø20 összefogó kengyelezeés

4.11 Előtető méretezése



4.11.1 Kiindulási adatok

4.10.1.1 Anyagminőség **S235**

O 102 × 4.0

A = 12,3 cm^2

4.11.2 Igénybevételek

N_{Ed} = 131,47 kN H = 92,96 kN

V = 92,96 kN

4.11.3 Rúd vizsgálata

$$N_{trd} = min \begin{cases} \dfrac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} & 289050 \text{ N} \\ 0{,}9 \times \dfrac{A_{net} \times f_u}{\gamma_{M2}} & 318\,816 \text{ N} \end{cases}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{trd}} = \quad 0{,}455 \quad < \quad 1{,}00$$

4.11.4 Varrat vizsgálat

l = 306,30528 mm

Egyszerűsített eljárás

$$F_{Rd} = \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2} \times \sqrt{3}} \times a = \quad 831{,}38 \text{ N}$$

$$F_{wEd} = \frac{F_{Ed}}{\sum l} = \quad 303{,}50 \text{ N}$$

$$\frac{F_{wEd}}{F_{wRd}} = \quad 0{,}365 \quad < \quad 1$$

Betontüske számítás

B500B f_{yk} = 500 N/mm^2

$A_s = \frac{N_{ed}}{f_{vd}} = 213{,}7088$ mm^2 A_{sprov}= $f_{yd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_s} =$ 435 N/mm^2

4 db Ø12 452 mm^2

4.11.1 Kiindulási adatok

4.10.1.1 Anyagminőség **S235**

IPE 300

A = 53,82 cm^2

4.11.2 Igénybevételek

V_{Ed} = 58,87 kN

4.11.3 Szelemen vizsgálat

$$F_{Rd} = \frac{A_v \times f_y}{\gamma_{M0} \times \sqrt{3}} = \quad 337{,}70 \text{ N}$$

$$\frac{V_{Ed}}{F_{trd}} = \quad 0{,}174 \quad < \quad 1{,}00$$

4.11.4 Varrat vizsgálat

l = 1090 mm

Egyszerűsített eljárás

$$F_{Rd} = \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2} \times \sqrt{3}} \times a = \quad 831{,}38 \text{ N}$$

$$F_{wEd} = \frac{F_{Ed}}{\sum l} = \quad 54{,}01 \text{ N}$$

$$\frac{F_{wEd}}{F_{wRd}} = \quad 0{,}065 \quad < \quad 1$$

Betontüske számítás

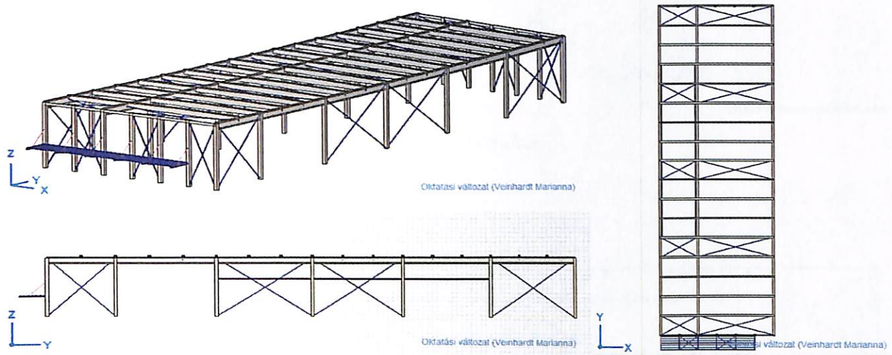
B500B f_{yk} = 500 N/mm^2 $f_{yd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_s} =$ 435 N/mm^2

$A_s = \frac{V_{ed}}{f_{vd}} =$ 135,33 mm^2 A_{sprov}= 452 mm^2

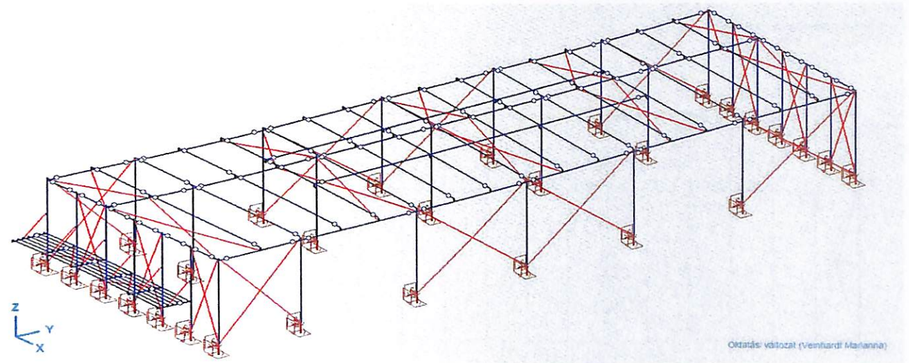
6 db Ø12

5 Gépi számítások

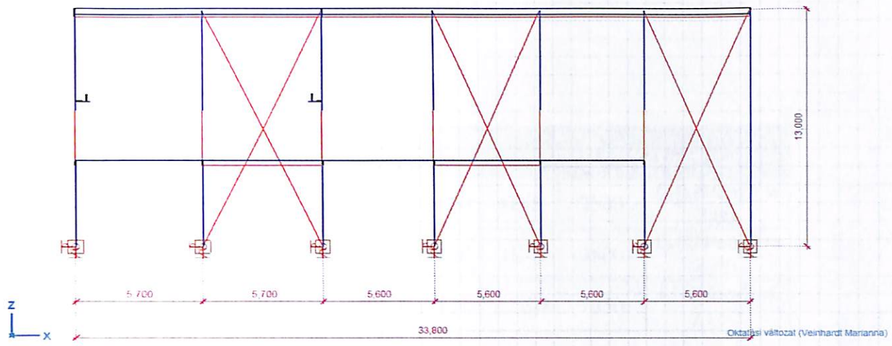
5.1 Geometria



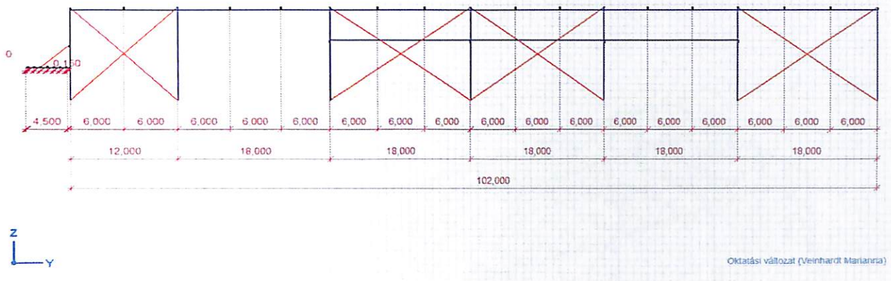
1. Nézet



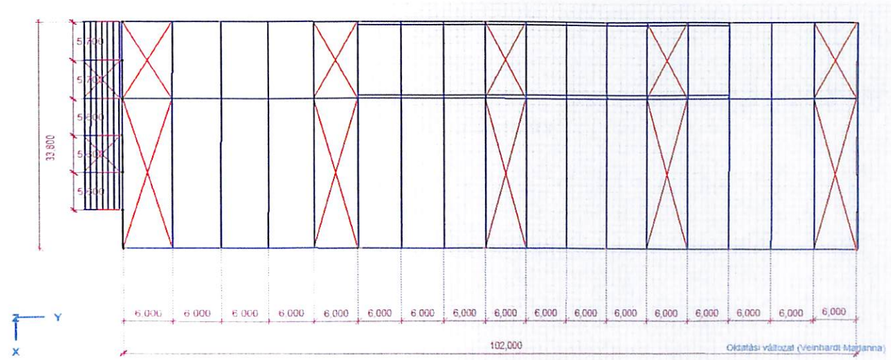
2. Statikai váz



3. Elölnézet



4. Oldalnézet



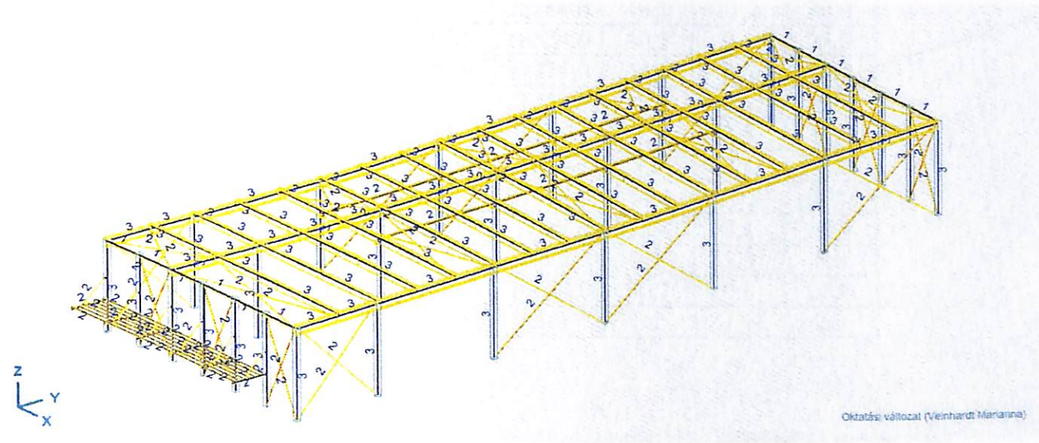
5. Felülnézet

5.2 Kiindulási adatok

5.2.1 Anyagok

	Név	Típus	E_x [kN/cm^2]	E_y [kN/cm^2]	ν	α_T [1/°C]	ρ [kg/m^3]	P_1
1	C30/37	Beton	3280	3280	0,20	1E-5	2500	f_{ck}[kN/cm^2] = 3,00
3	C40/50	Beton	3520	3520	0,20	1E-5	2500	f_{ck}[kN/cm^2] = 4,00
2	S 235	Acél	21000	21000	0,30	1,2E-5	7850	f_y[kN/cm^2] = 23,50

	Név	P_2	P_3	P_4
1	C30/37	□$_c$= 1,500	□$_{cc}$= 1,00	□ $_t$= 2,00
3	C40/50	□$_c$= 1,500	□$_{cc}$= 1,00	□ $_t$= 2,00
2	S 235	f_u[kN/cm^2] = 36,00	f_y^*[kN/cm^2] = 21,50	f_u^*[kN/cm^2] = 36,00

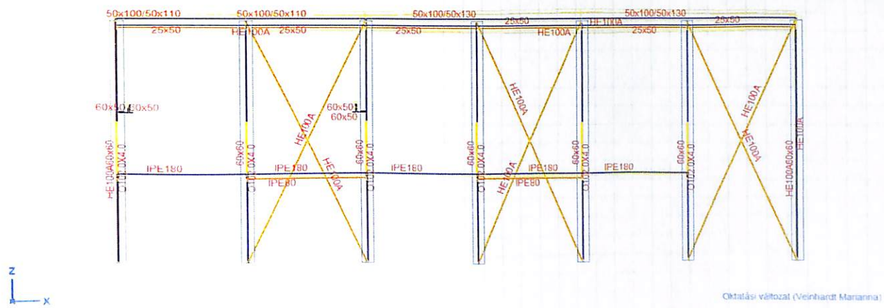


6. Anyagjelölés

5.2.2 Szelvények

	Név	h [cm]	b [cm]	tw [cm]	tf [cm]	Ax [cm^2]	Ix [cm^4]	Iy [cm^4]
1	60x60	60,0	60,0	0	0	3600,00	1821873,0	1080000,0
2	25x50	50,0	25,0	0	0	1250,00	178656,3	260416,7
3	60x150	150,0	60,0	16,0	20,0	3452,00	391234,9	7998440,0
4	50x130	130,0	50,0	16,0	17,0	2709,00	260085,9	4447465,0
5	50x110	110,0	50,0	16,0	17,0	2389,00	232743,2	2761888,0
6	IPE 300	30,0	15,0	0,7	1,1	53,82	20,2	8357,7
7	O102.0X4.0	10,2	10,2	0,4	0,4	12,30	296,1	147,7
8	IPE 180	18,0	9,1	0,5	0,8	23,95	4,8	1317,2
9	60x50	50,0	60,0	0	0	3000,00	1245887,0	625000,0
10	HE280 M	31,0	28,8	1,9	3,3	240,19	817,6	39550,3
11	HE 100 A	9,6	10,0	0,5	0,8	21,24	5,3	349,3
12	50x100	100,0	50,0	16,0	17,0	2229,00	219087,1	2100511,0
13	IPE 80	8,0	4,6	0,4	0,5	7,64	0,7	80,1

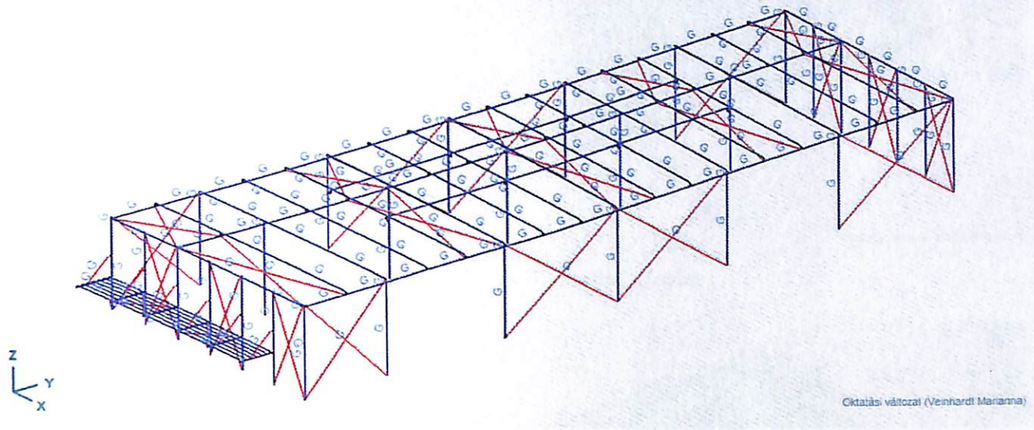
	Név	Iz [cm^4]	$W_{1,pl}$ [cm^3]	$W_{2,pl}$ [cm^3]	i_y [cm]	i_z [cm]	y_G [cm]
1	60x60	1080000,0	54000,0	54000,0	17,3	17,3	30,0
2	25x50	65104,2	15625,0	7812,5	14,4	7,2	12,5
3	60x150	430250,7	146292,9	28284,0	48,1	11,2	30,0
4	50x130	225998,5	96467,5	18554,0	40,5	9,1	25,0
5	50x110	219171,8	70981,6	17274,0	34,0	9,6	25,0
6	IPE 300	603,8	628,5	125,2	12,5	3,3	7,5
7	O102.0X 4.0	147,7	38,4	38,4	3,5	3,5	5,1
8	IPE 180	100,9	166,4	34,6	7,4	2,1	4,5
9	60x50	900000,1	45000,0	37500,0	14,4	17,3	30,0
10	HE 280 M	13162,8	2965,9	1396,7	12,8	7,4	14,4
11	HE 100 A	133,8	83,0	41,1	4,1	2,5	5,0
12	50x100	215758,5	59444,2	16634,0	30,7	9,8	25,0
13	IPE 80	8,5	23,2	5,8	3,2	1,1	2,3



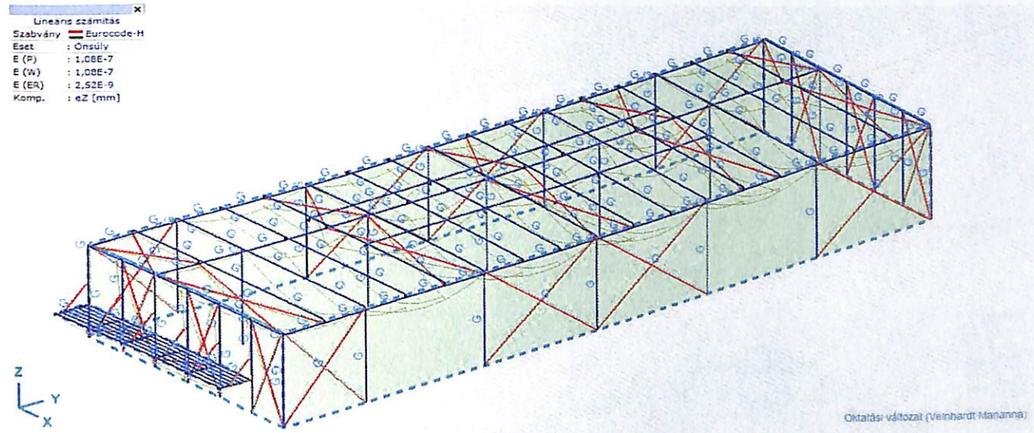
7. Szelvény

5.3 Állandó terhek

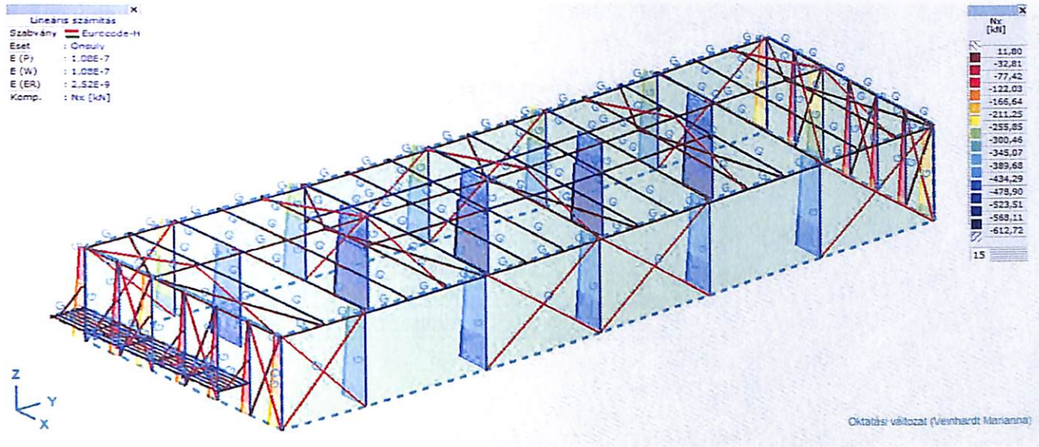
5.3.1 Önsúly



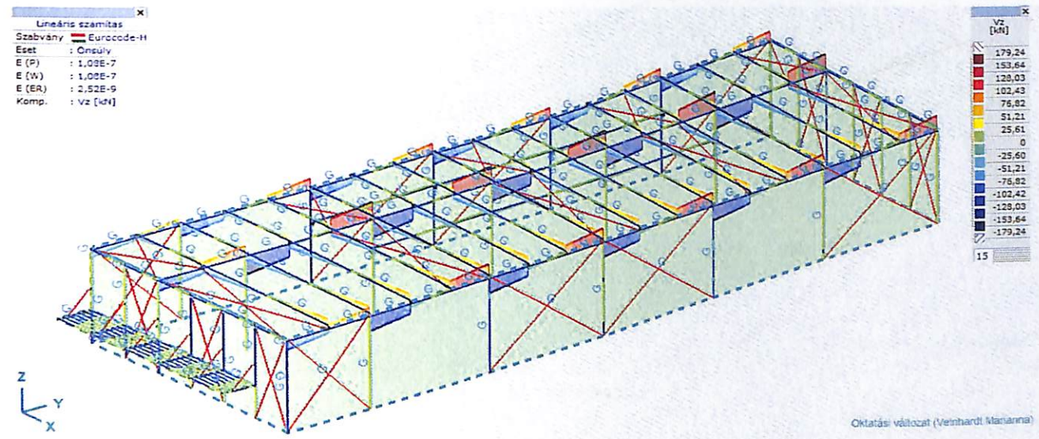
8. Önsúly



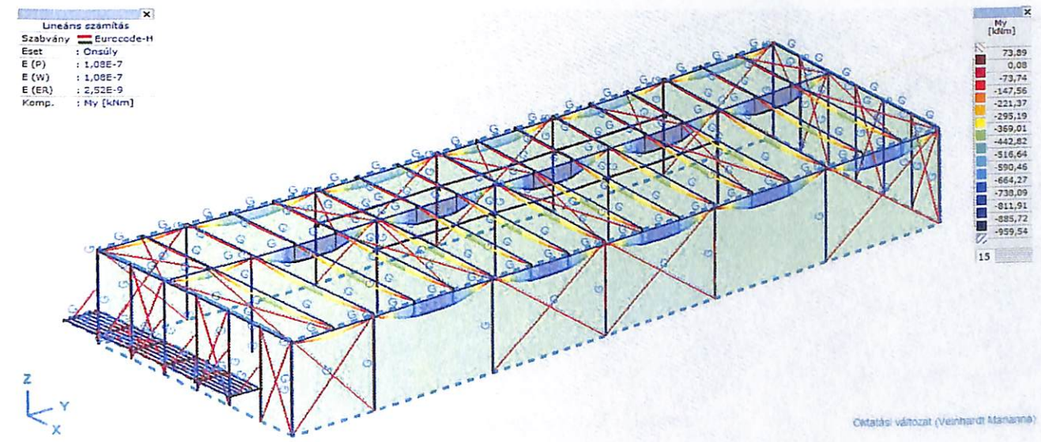
9. Önsúly, eZ, Diagram



10. Önsúly, Normálerő, diagram



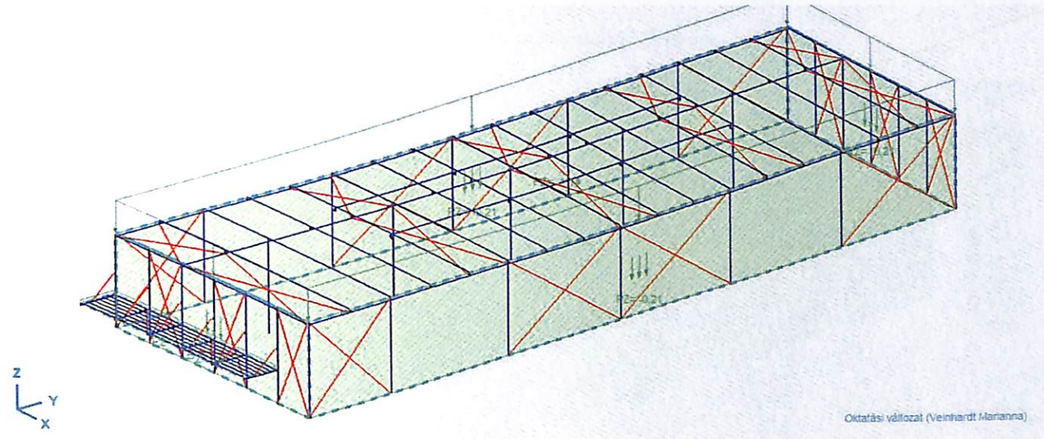
11. Önsúly, Nyíróerő diagram



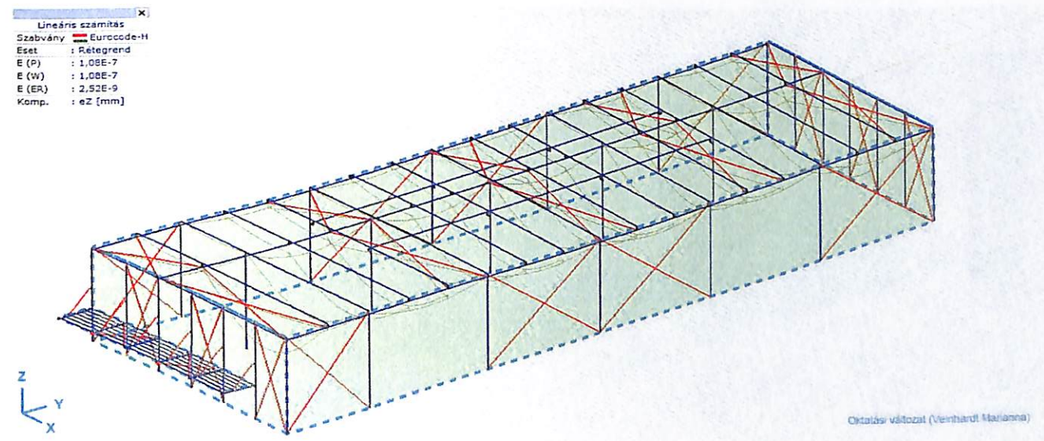
12. Önsúly, Nyomaték (My) diagram

5.3.2 Rétegrend

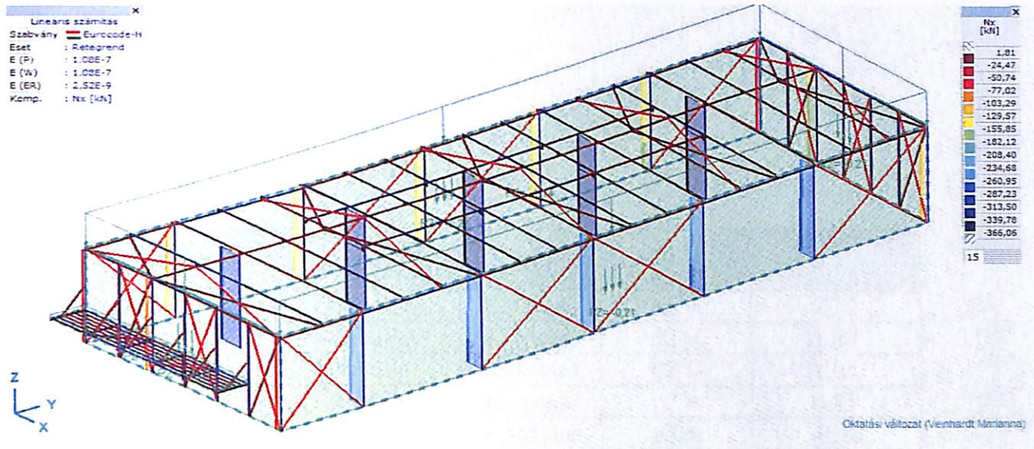
Elem	Irány	Típus	Komp.	Érték [kN/m²]
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-1,14
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-0,06
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-0,21
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-0,21
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-0,21
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-0,21



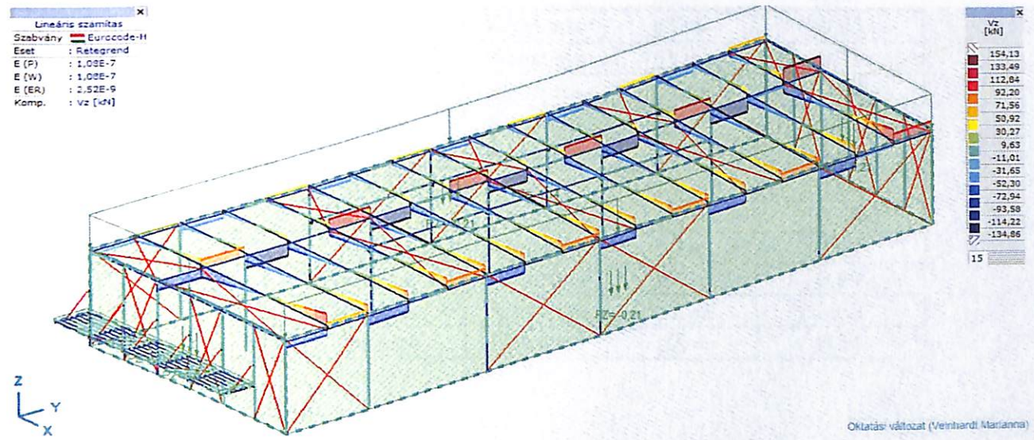
13. Rétegrend



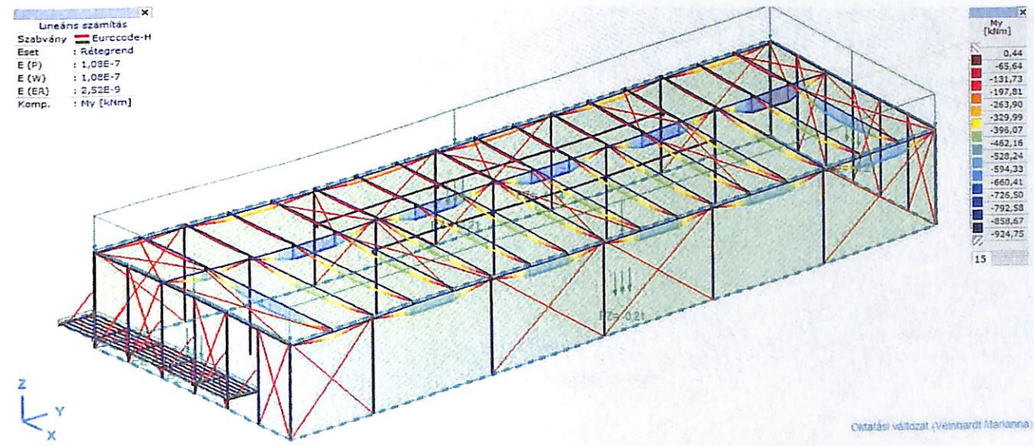
14. Rétegrend, eZ, Diagram



15. Rétegrend, Normálerő diagram



16. Rétegrend, Nyíróerő diagram



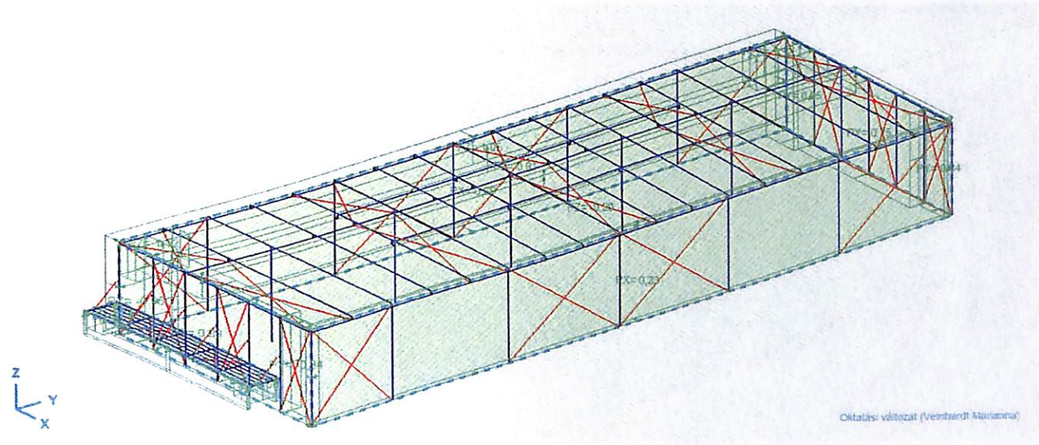
17. Rétegrend, Nyomaték (My) diagram

5.4 Meteorológiai terhek

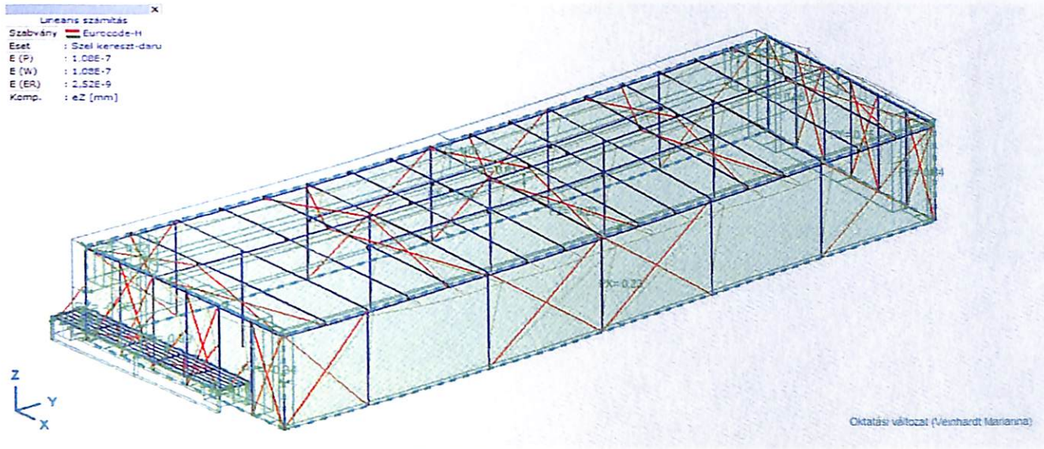
5.4.1 Szélteher

5.4.1.1 Szél kereszt-daru

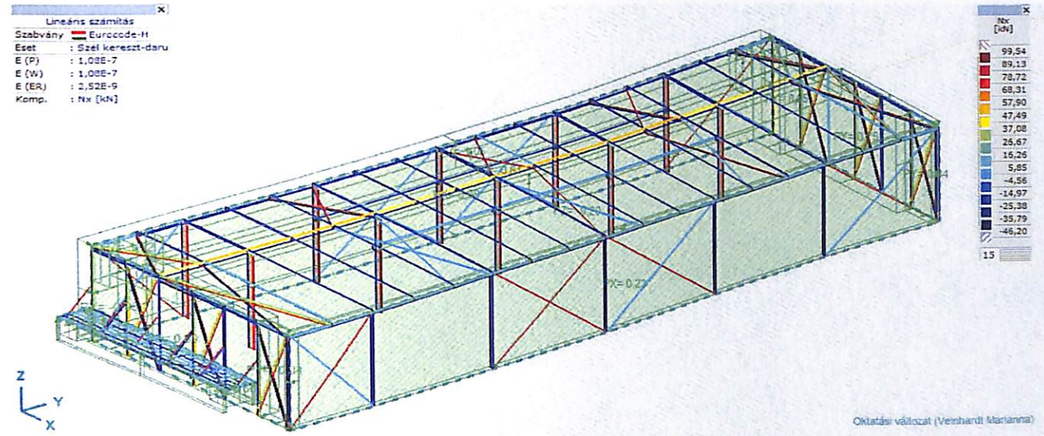
Elem	Irány	Típus	Komp.	Érték [kN/m²]
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	1,32
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	1,32
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	1,05
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,81
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-0,20
Panel*	Globális	Konstans	pX =	0,23
Panel*	Globális	Konstans	pX =	0,68
Panel*	Globális	Konstans	pY =	-0,95
Panel*	Globális	Konstans	pY =	-0,75
Panel*	Globális	Konstans	pY =	-0,34
Panel*	Globális	Konstans	pY =	0,95
Panel*	Globális	Konstans	pY =	0,75
Panel*	Globális	Konstans	pY =	0,34
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,68
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,89
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,89
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,89
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,68
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,54



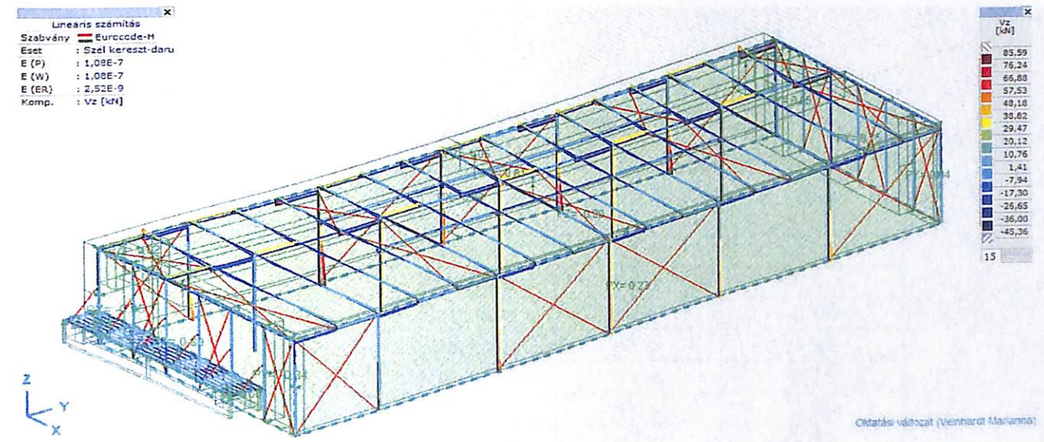
18. Szél kereszt-daru



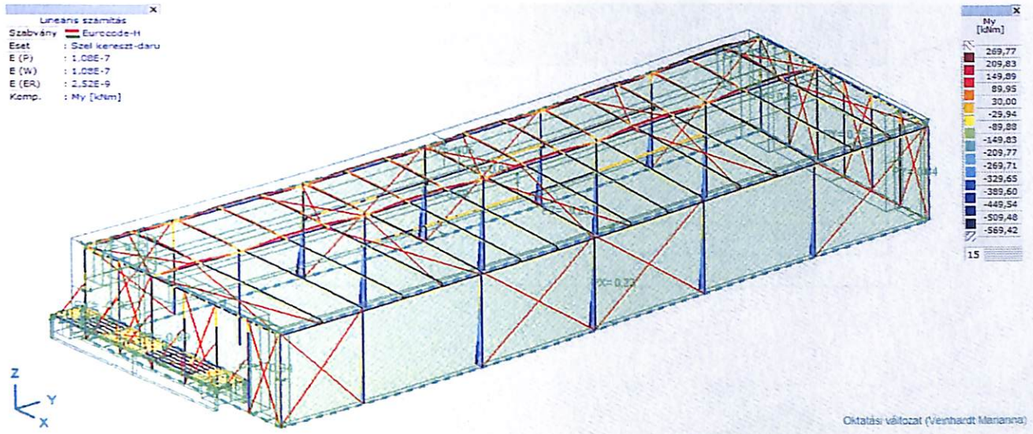
19. Szél kereszt-daru, eZ, Diagram



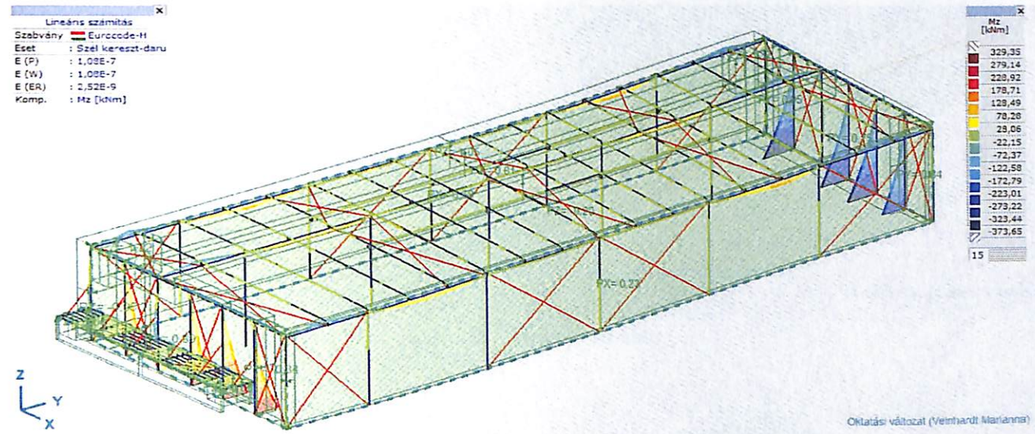
20. Szél kereszt-daru, Normálerő diagram



21. Szél kereszt-daru, Nyíróerő diagram



22. Szél kereszt-daru, Nyomaték (My) diagram

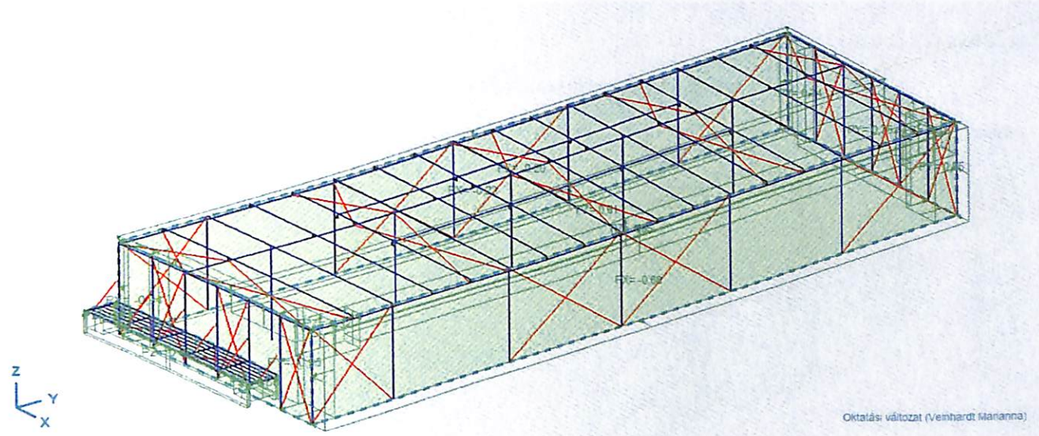


23. Szél kereszt-daru,Nyomaték (Mz) diagram

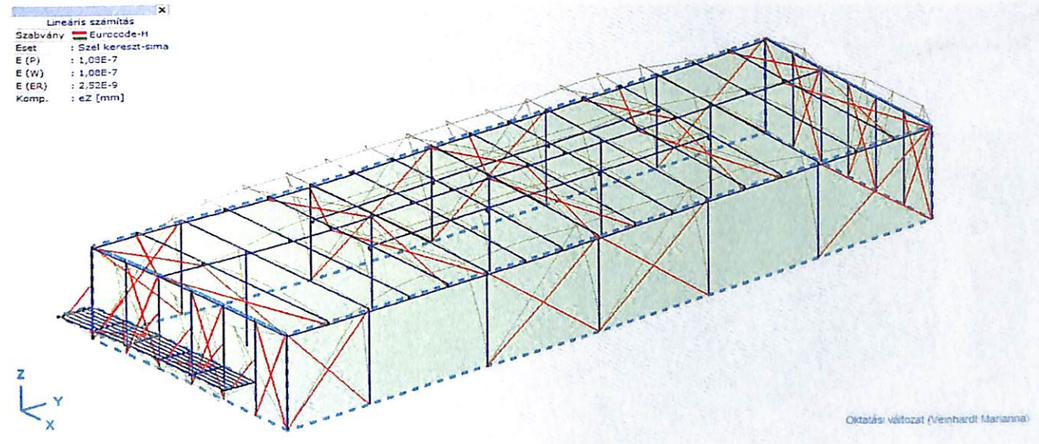
5.4.1.2 Szél kereszt-sima

Elem	Irány	Típus	Komp.	Érték [kN/m²]
Panel*	Globális	Konstans	pX =	-0,68
Panel*	Globális	Konstans	pX =	-0,23
Panel*	Globális	Konstans	pY=	-0,95
Panel*	Globális	Konstans	pY =	-0,75
Panel*	Globális	Konstans	pY =	-0,34
Panel*	Globális	Konstans	pY =	0,95
Panel*	Globális	Konstans	pY =	0,75
Panel*	Globális	Konstans	pY =	0,34
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	1,32
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	1,32
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	1,05

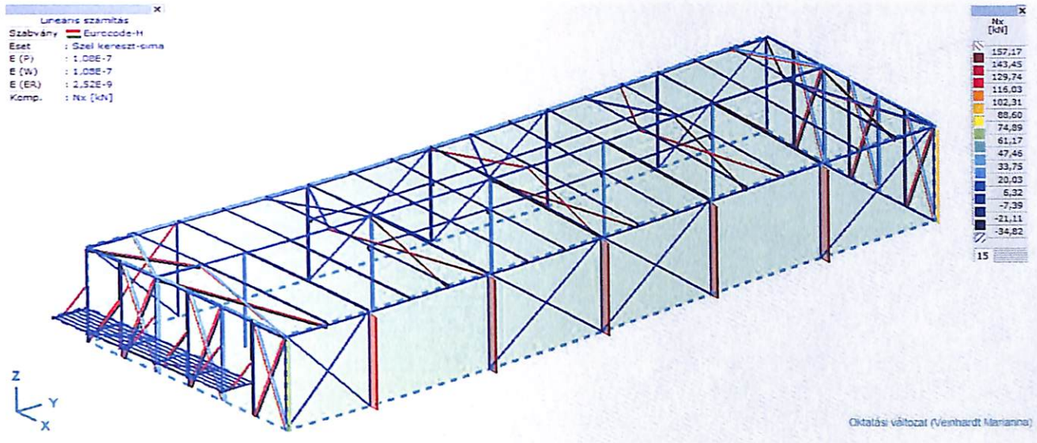
Elem	Irány	Típus	Komp.	Érték [kN/m²]
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,81
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-0,20
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,68
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,89
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,89
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,68
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,54



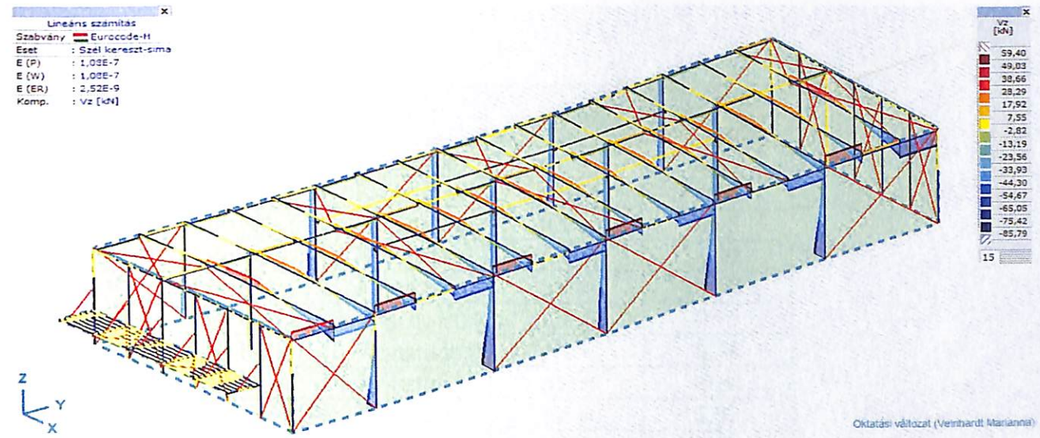
24. Szél kereszt-sima



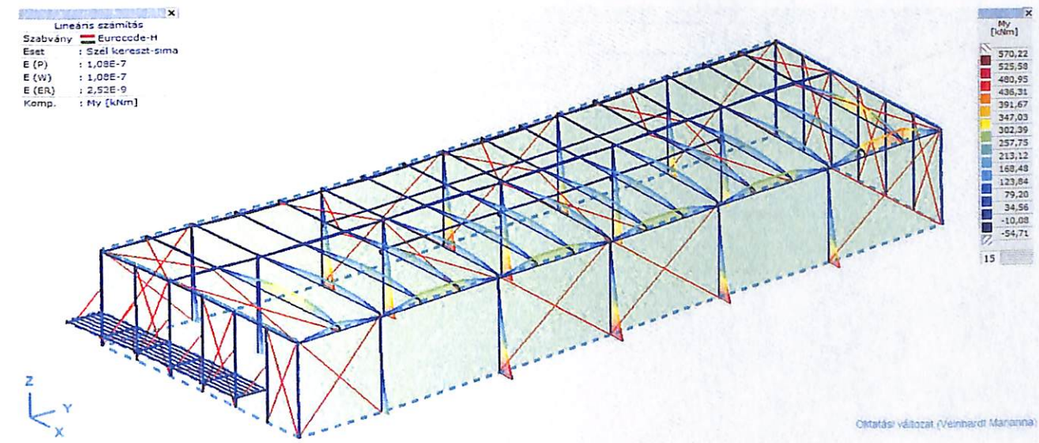
25. Szél kereszt-sima, eZ, Diagram



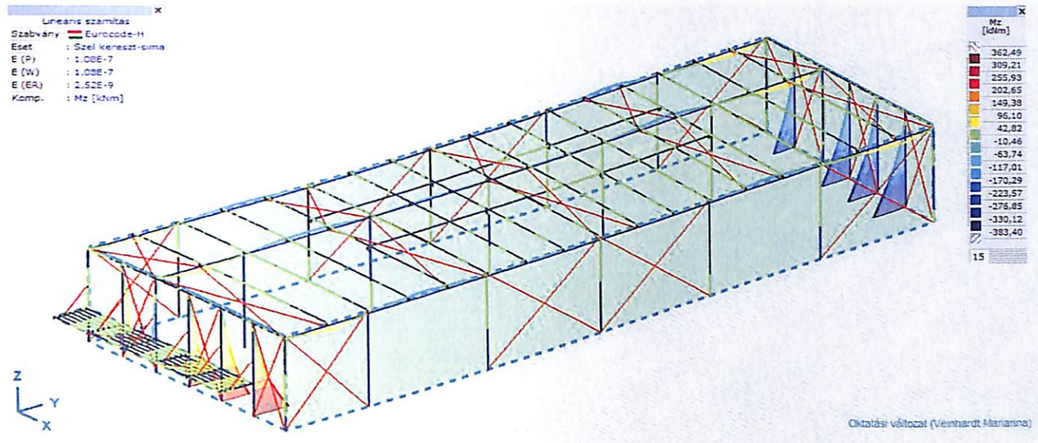
26. Szél kereszt-sima, Normálerő diagram



27. Szél kereszt-sima, Nyíróerő diagram



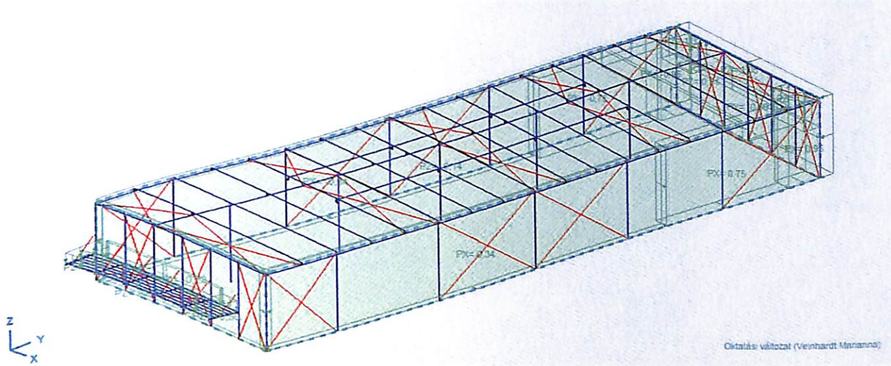
28. Szél kereszt-sima, Nyomaték (My), diagram



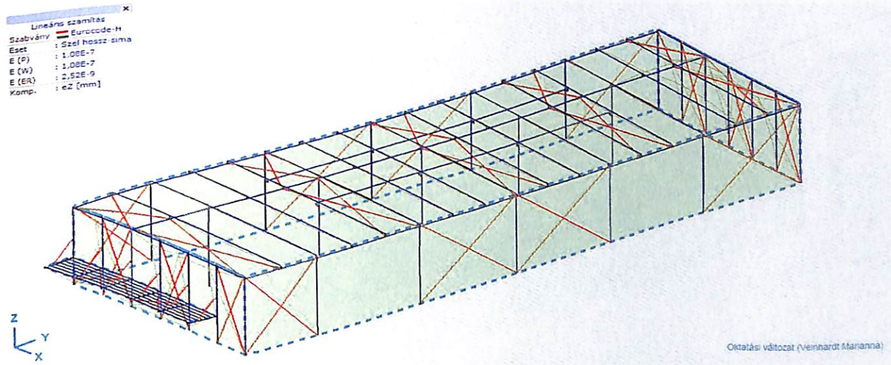
29. Szél kereszt-sima, Nyomaték (Mz), diagram

5.4.1.3 Szél hossz-sima

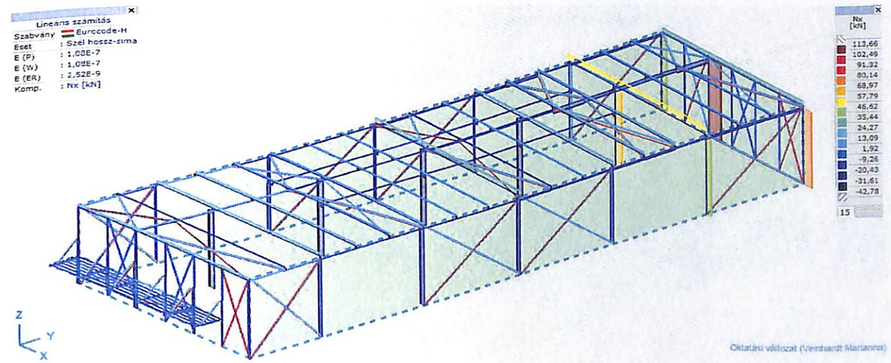
Elem	Irány	Típus	Komp.	Érték [kN/m²]
Panel*	Globális	Konstans	pY =	-0,23
Panel*	Globális	Konstans	pY =	-0,68
Panel*	Globális	Konstans	pX =	0,95
Panel*	Globális	Konstans	pX =	-0,95
Panel*	Globális	Konstans	pX =	-0,75
Panel*	Globális	Konstans	pX =	0,75
Panel*	Globális	Konstans	pX =	0,34
Panel*	Globális	Konstans	pX =	-0,34
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	1,32
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	1,32
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	1,05
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,81
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-0,14
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-0,50
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-0,50
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-0,80
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-0,80
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-0,28



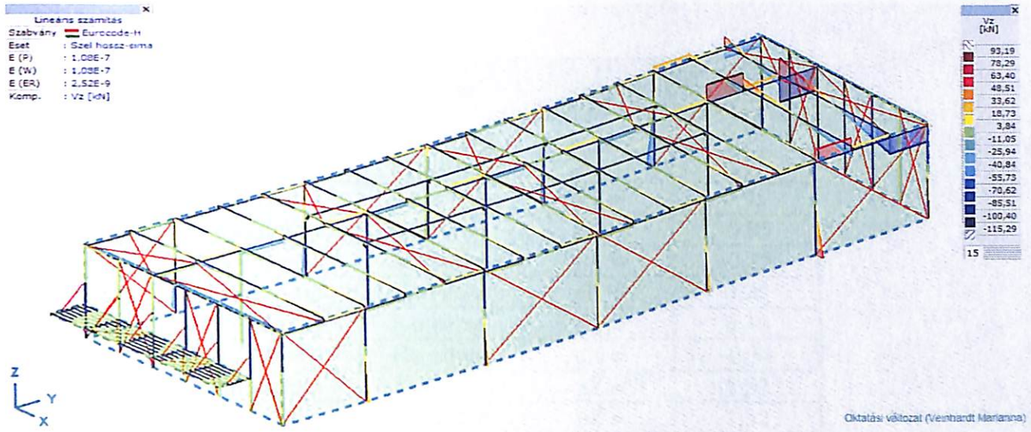
30. *Szél hossz-sima*



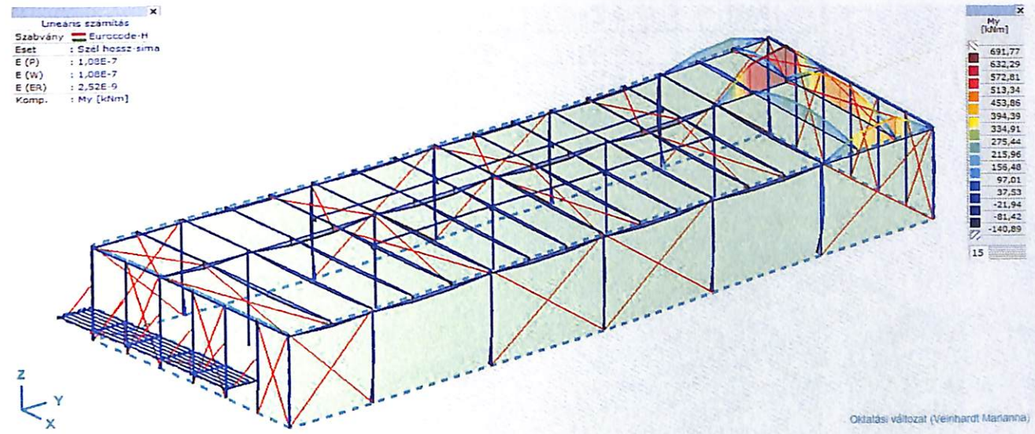
31. *Szél hossz-sima, eZ, Diagram*



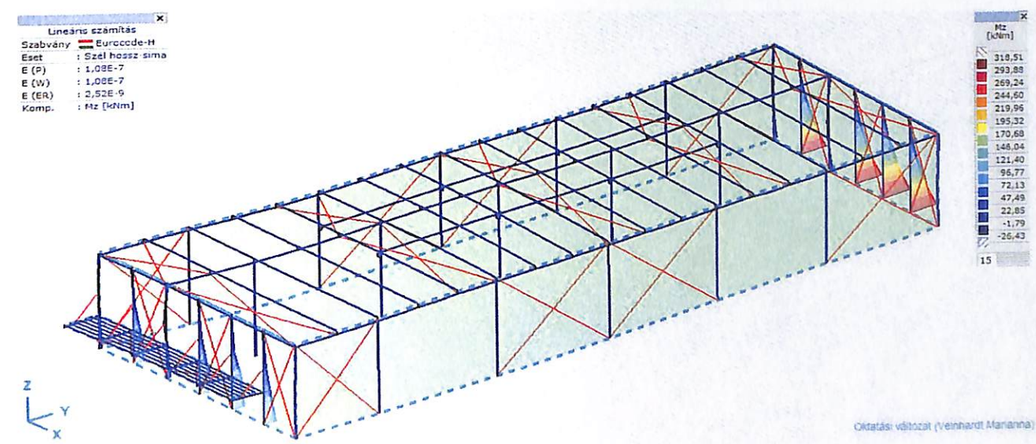
32. *Szél hossz-sima, Normálerő, diagram*



33. Szél hossz-sima, Nyíróerő diagram



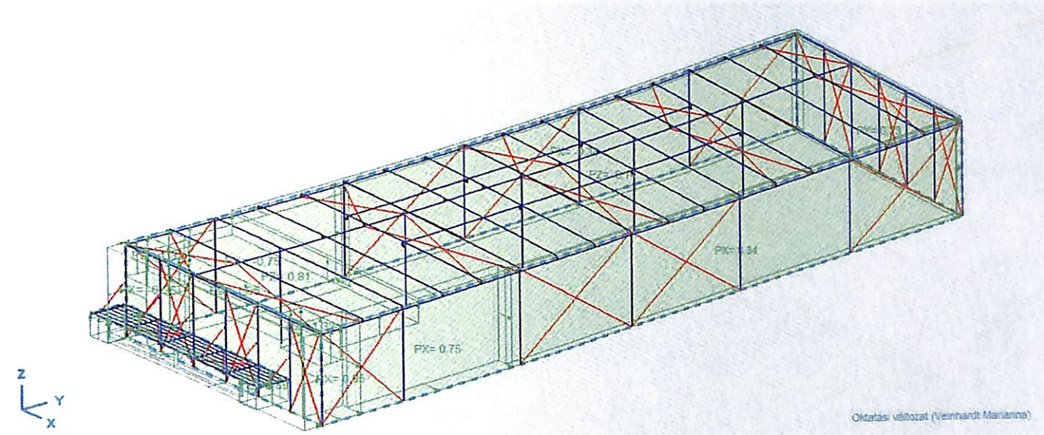
34. Szél hossz-sima, Nyomaték (My) diagram



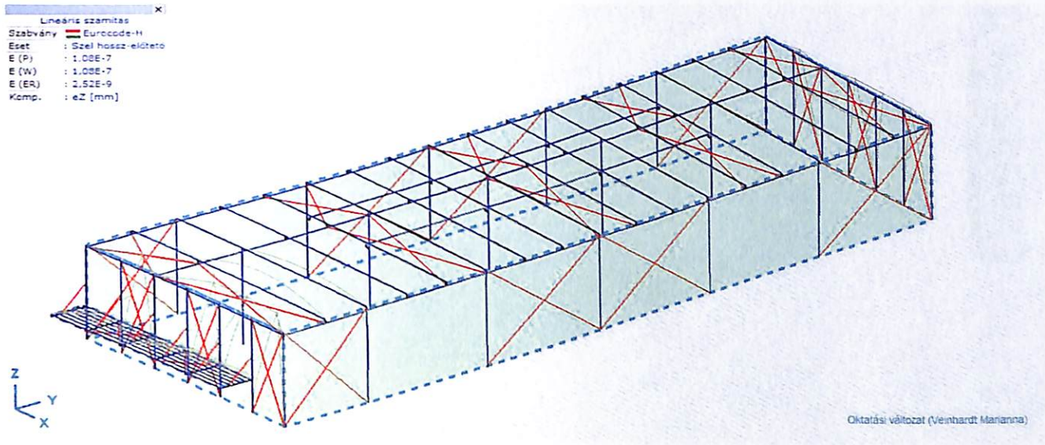
35. Szél hossz-sima, Nyomaték (Mz) diagram

5.4.1.4 Szél hossz-előtető

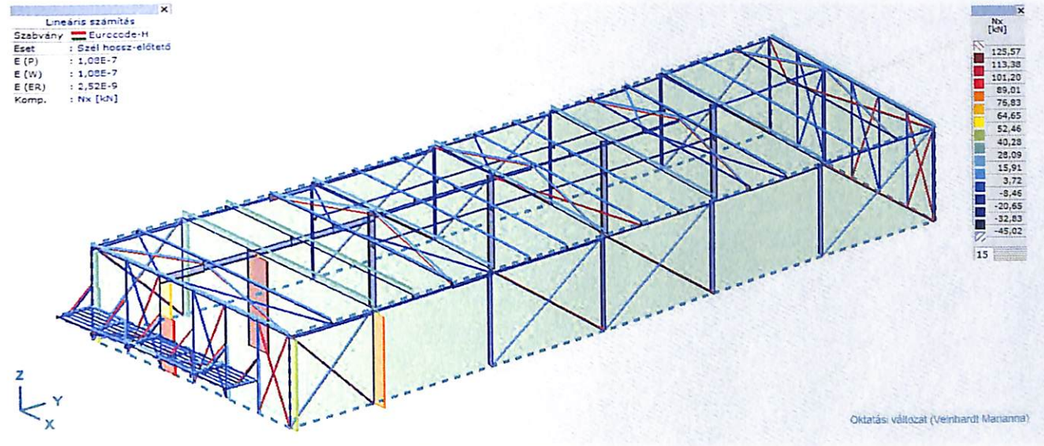
Elem	Irány	Típus	Komp.	Érték [kN/m²]
Panel*	Globális	Konstans	pY =	0,68
Panel*	Globális	Konstans	pY =	0,23
Panel*	Globális	Konstans	pX =	0,95
Panel*	Globális	Konstans	pX =	-0,95
Panel*	Globális	Konstans	pX =	-0,75
Panel*	Globális	Konstans	pX =	0,75
Panel*	Globális	Konstans	pX =	0,34
Panel*	Globális	Konstans	pX =	-0,34
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	1,32
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	1,32
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	1,05
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,81
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-0,14
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,89
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,89
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,68
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,68
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	0,54



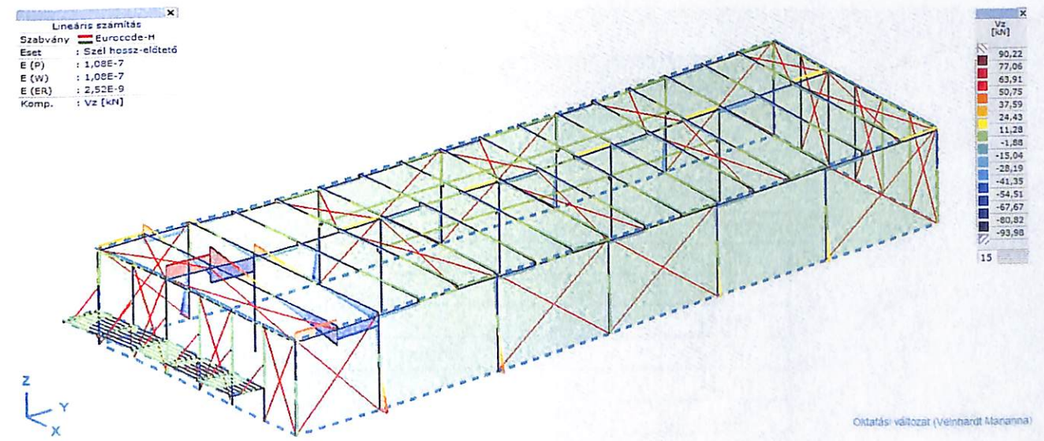
36. Szél hossz-előtető



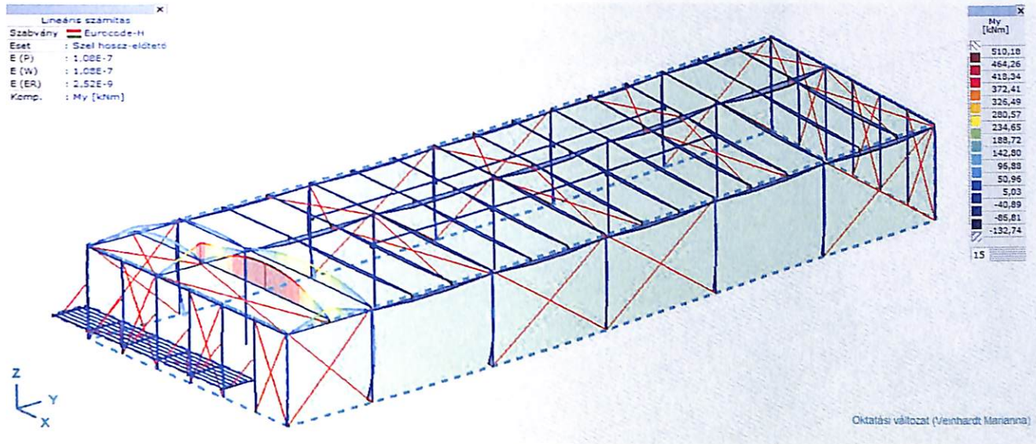
37. Szél hossz-előtető, eZ, Diagram



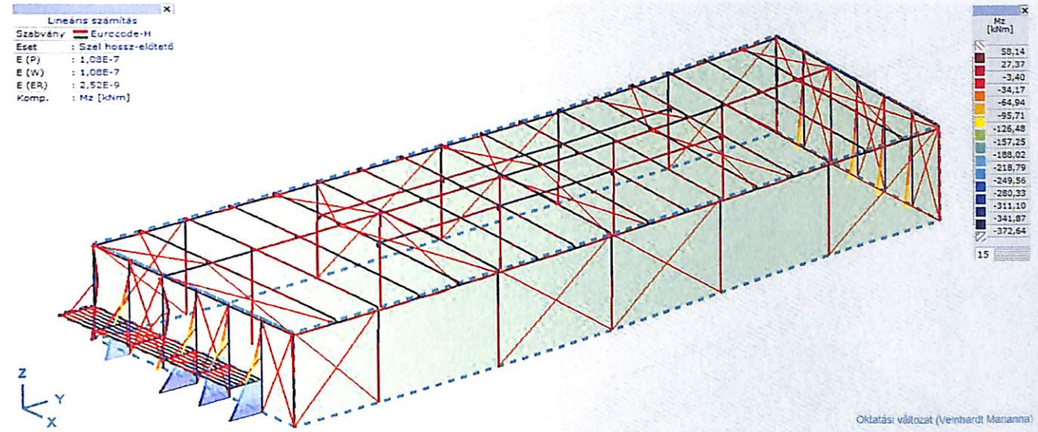
38. Szél hossz-előtető, Normálerő diagram



39. Szél hossz-előtető, Nyíróerő diagram



40. Szél hossz-előtető, Nyomaték (My) diagram

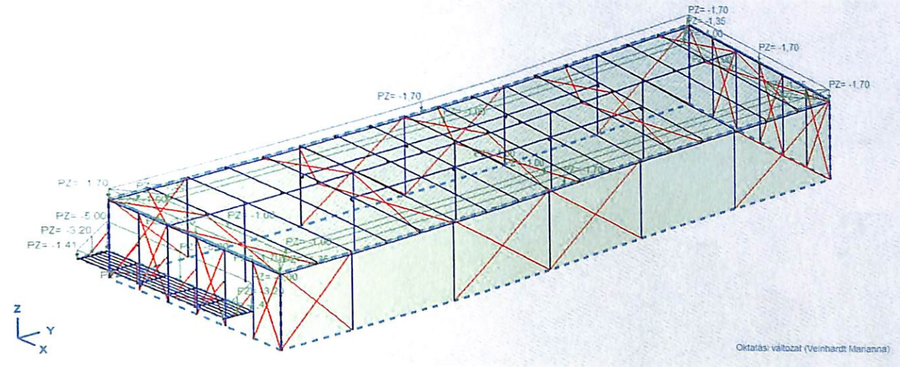


41. Szél hossz-előtető, Nyomaték (Mz) diagram

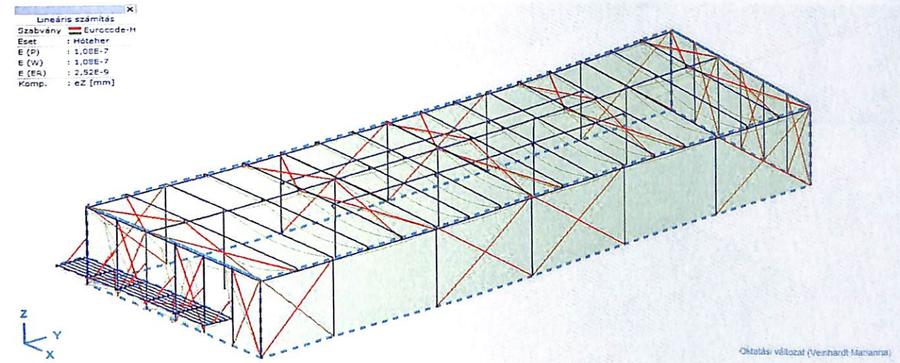
5.4.2 Hóteher

Elem	Irány	Típus	Komp.	Érték [kN/m^2]
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-1,00
Panel*	Globális	Lineáris	PZ1 =	-1,70
			PZ2 =	-1,70
			PZ3 =	-1,00
Panel*	Globális	Lineáris	PZ1 =	-1,70
			PZ2 =	-1,70
			PZ3 =	-1,00
Panel*	Globális	Lineáris	PZ1 =	-1,70
			PZ2 =	-1,70
			PZ3 =	-1,00
Panel*	Globális	Lineáris	PZ1 =	-1,70
			PZ2 =	-1,70
			PZ3 =	-1,00

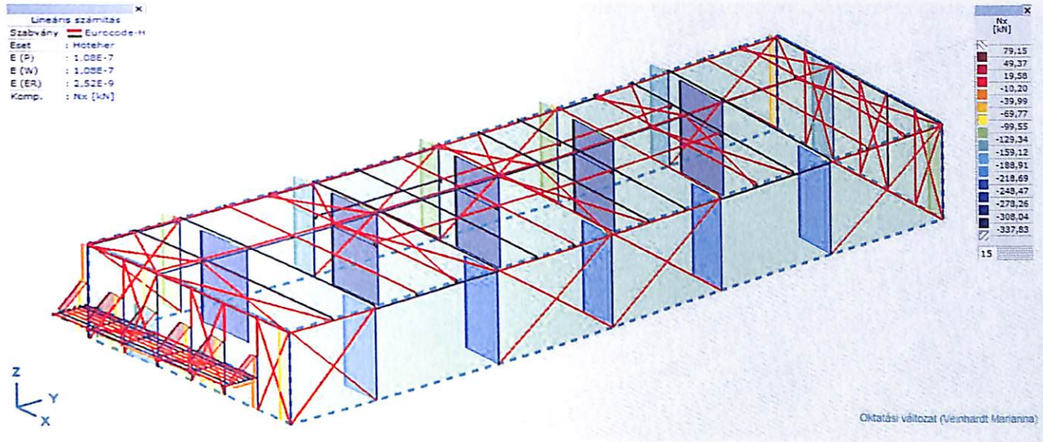
Elem	Irány	Típus	Komp.	Érték [kN/m²]
Panel*	Globális	Lineáris	PZ1 =	-1,41
			PZ2 =	-1,41
			PZ3 =	-5,00



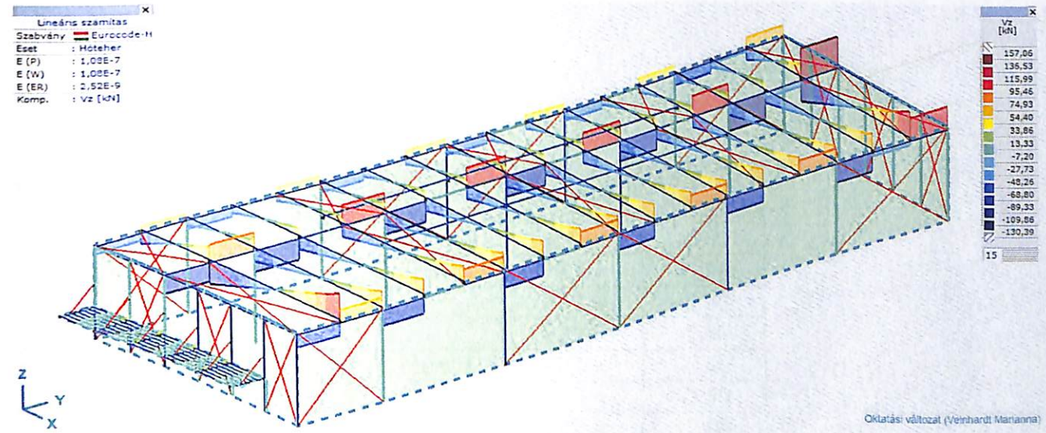
42. Hóteher



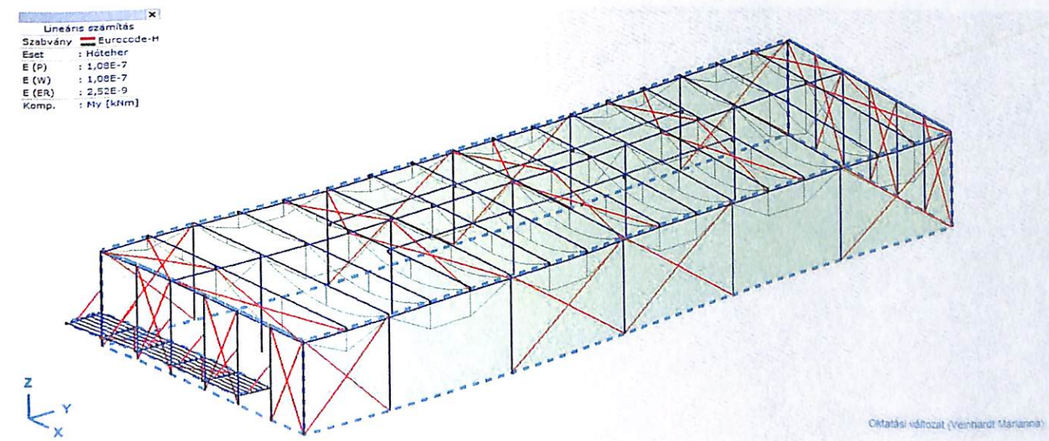
43. Hóteher, eZ, Diagram



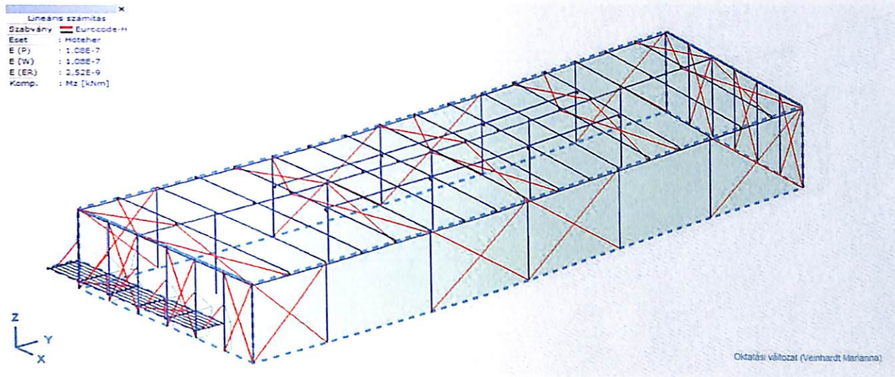
44. Hóteher, Normálerő diagram



45. Hóteher, Nyíróerő diagram



46. Hóteher, Nyomaték (My), Diagram

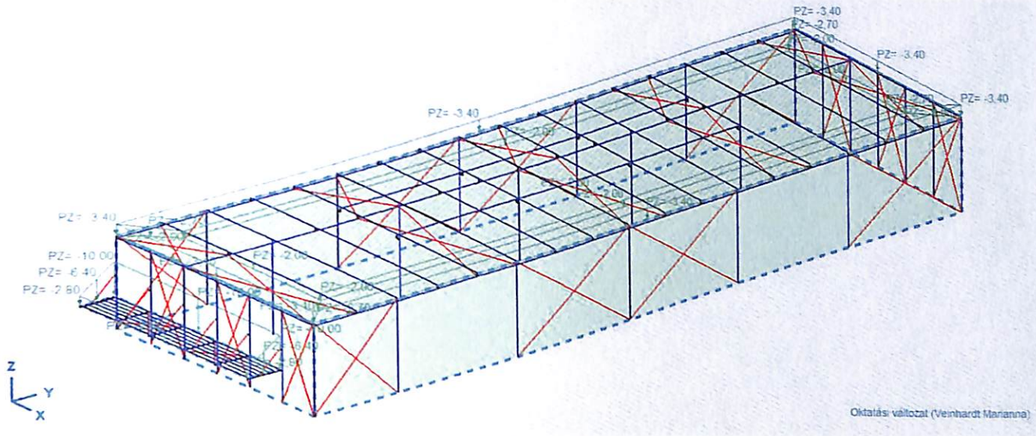


47. Hóteher, Nyomaték (Mz), Diagram

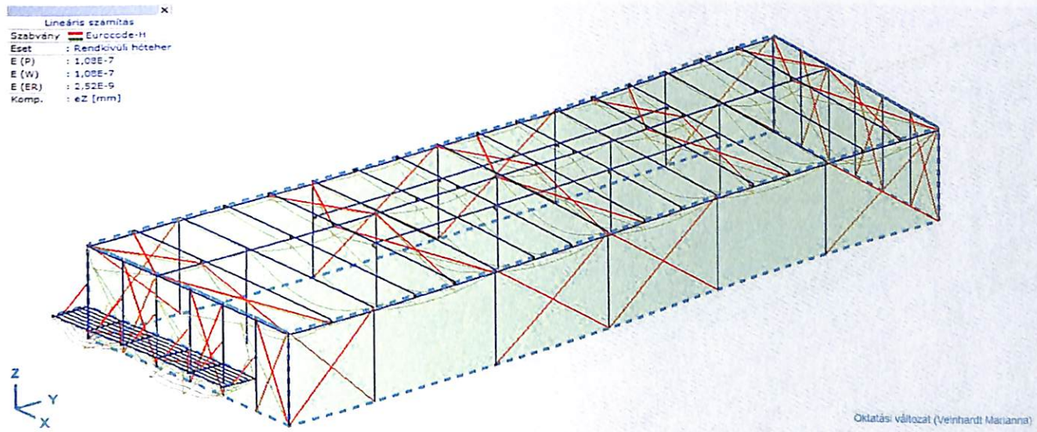
5.5 Rendkívüli terhek

5.5.1 Rendkívüli hóteher

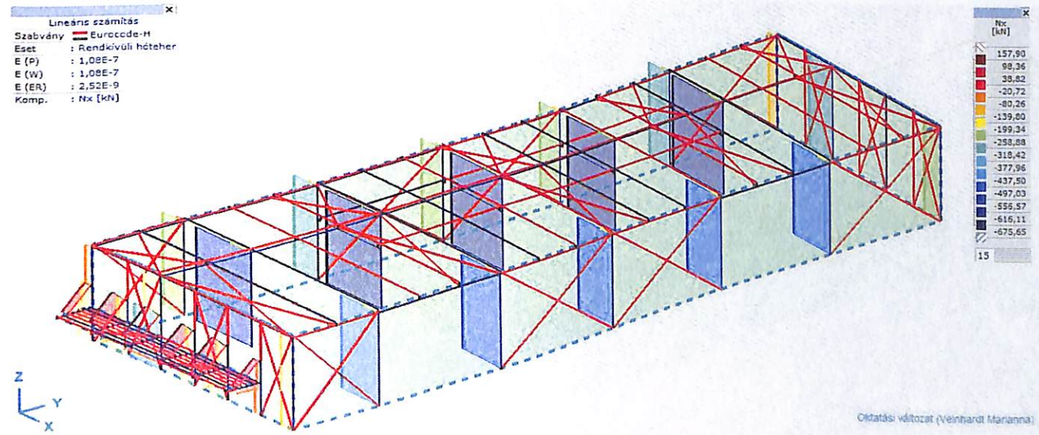
Elem	Irány	Típus	Komp.	Érték [kN/m²]
Panel*	Globális	Konstans	pZ =	-2,00
Panel*	Globális	Lineáris	PZ1 =	-10,00
			PZ2 =	-2,80
			PZ3 =	-2,80
Panel*	Globális	Lineáris	PZ1 =	-3,40
			PZ2 =	-3,40
			PZ3 =	-2,00
Panel*	Globális	Lineáris	PZ1 =	-3,40
			PZ2 =	-3,40
			PZ3 =	-2,00
Panel*	Globális	Lineáris	PZ1 =	-3,40
			PZ2 =	-3,40
			PZ3 =	-2,00
Panel*	Globális	Lineáris	PZ1 =	-3,40
			PZ2 =	-3,40
			PZ3 =	-2,00



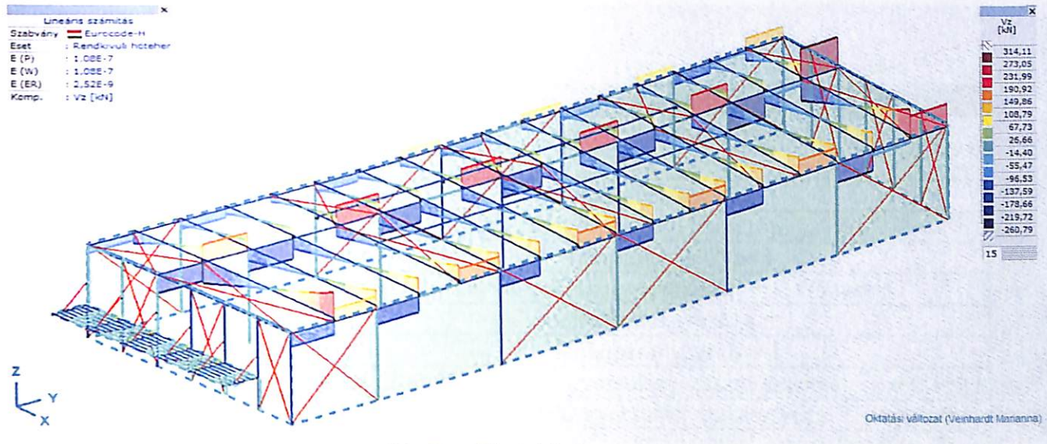
48. Rendkívüli hóteher



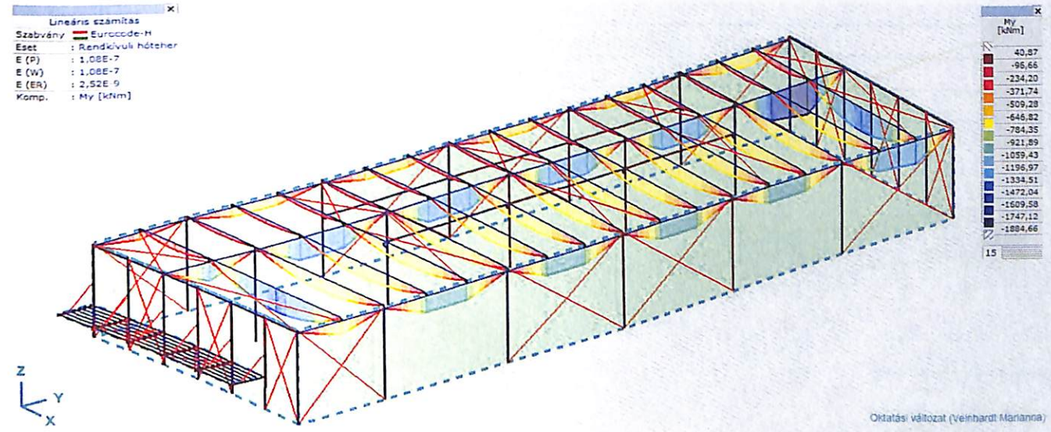
49. Rendkívüli hóteher, eZ, Diagram



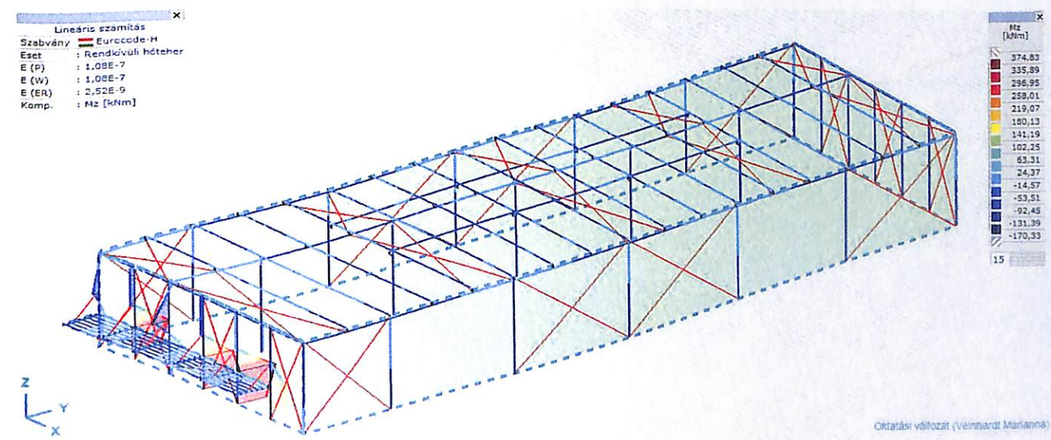
50. Rendkívüli hóteher, Normálerő diagram



51. Rendkívüli hőteher, Nyíróerő diagram



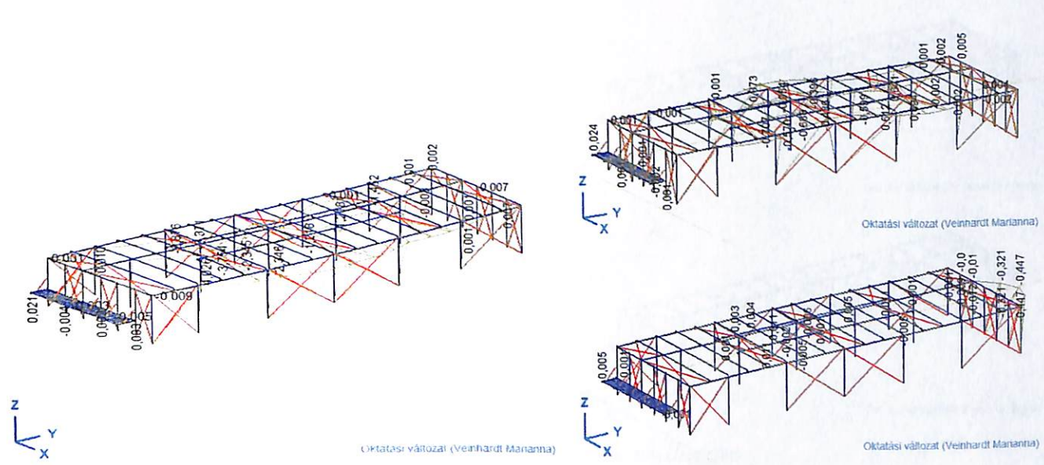
52. Rendkívüli hőteher, Nyomaték (My) diagram



53. Rendkívüli hőteher, Nyomaték (Mz), diagram

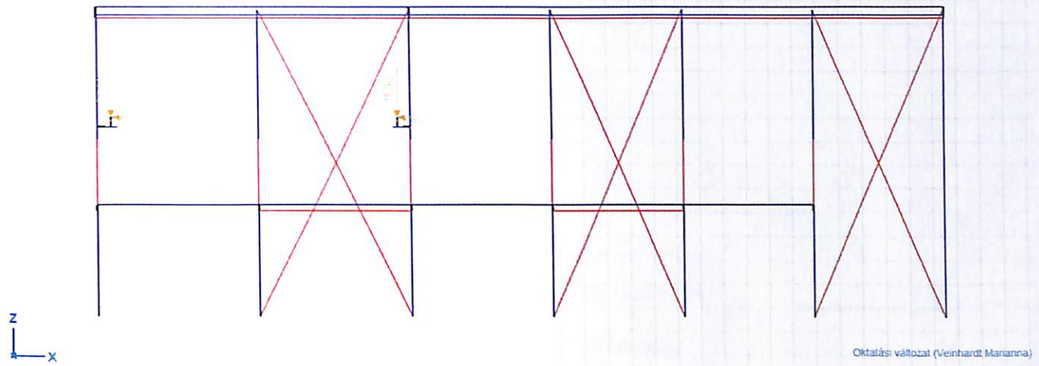
5.5.2 Szeizmikus terhek

	Paraméterek
	Elmozdulási viselkedési tényező: $q_d = 1,5$
Spektrum (vízszintes)	
	Paraméteres alak
	Az épület fontossági tényezője: $\gamma_I = 1$
	Talajtípus: A Type 1
	Tervezési talajgyorsulás: $a_g = 1,370$ m/s^2
	Viselkedési tényező: q = 1,5
	Talajparaméter: S = 1
	Az állandó spektrál-gyorsulási szakasz kezdete: $T_B = 0,150$ s
	Az állandó spektrál-gyorsulási szakasz vége: $T_C = 0,400$ s
	Az állandó elmozdulás spektráltartományának kezdete: $T_D = 2,000$ s
	Spektrum alsó határának szorzója: $\beta = 0,2$
Kombinációs módok	
	Modális válaszok kombinációja: Automatikus
	Viszkózus csillapítás: $\xi = 0,05$
	Szeizmikus hatás összetevőinek kombinációja: SRSS

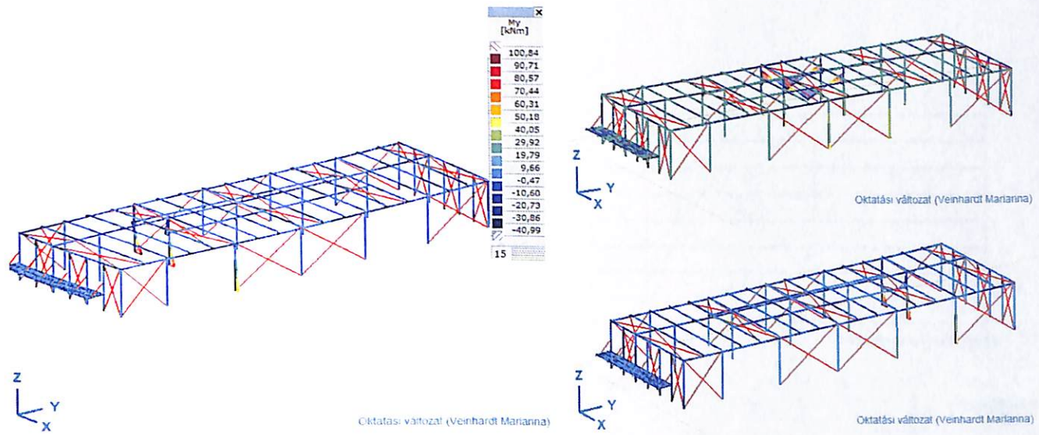


54. Földrengés elmozdulás

5.5.3 Darupálya

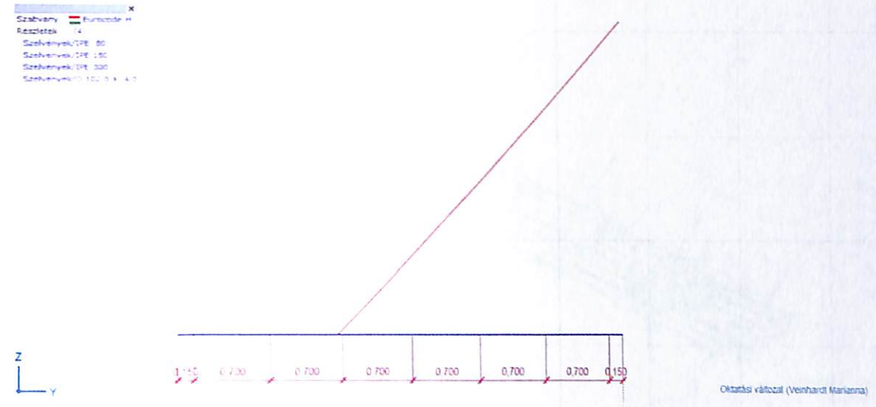


55. Darupálya

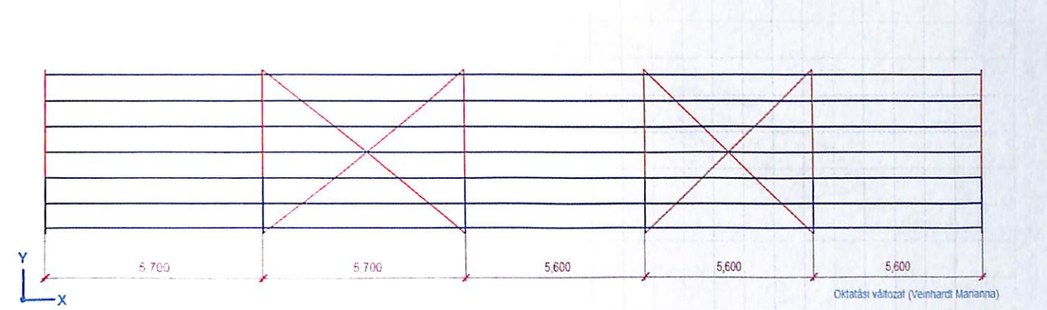


56. Darupálya Nyomatéki diagram

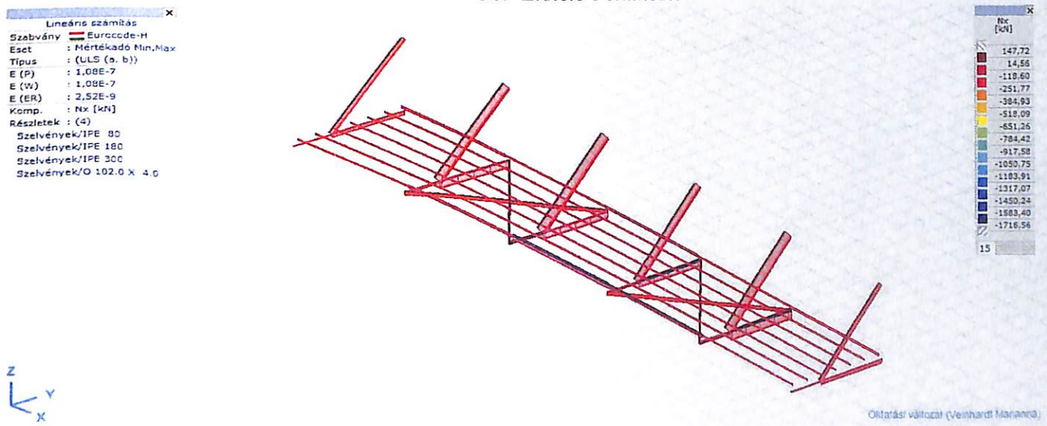
5.6 Előtető



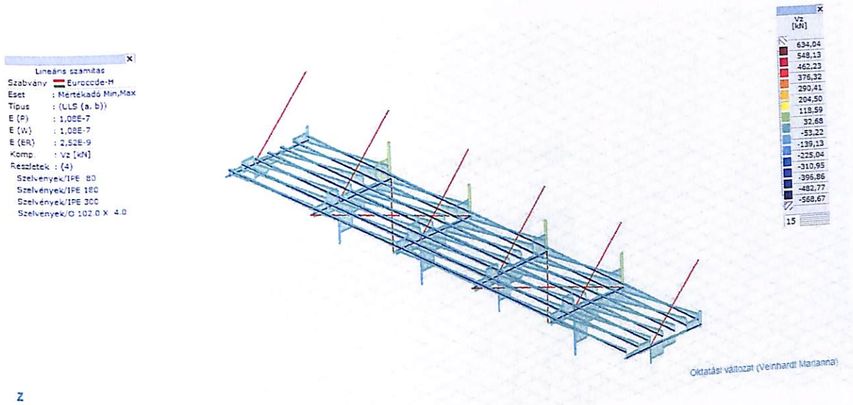
57. Előtető, Oldalnézet



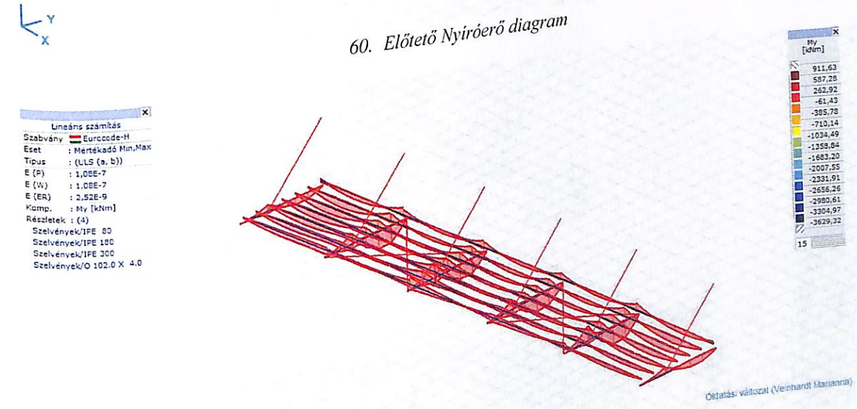
58. Előtető Felülnézet



59. Előtető Normálerő diagram



60. *Előtető Nyíróerő diagram*



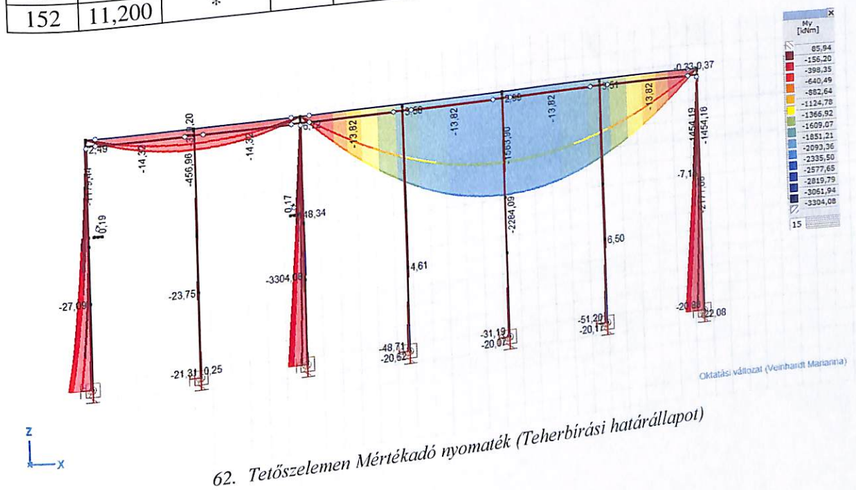
61. *Előtető Nyomaték diagram*

5.7 Tartószerkezeti elemek méretezése

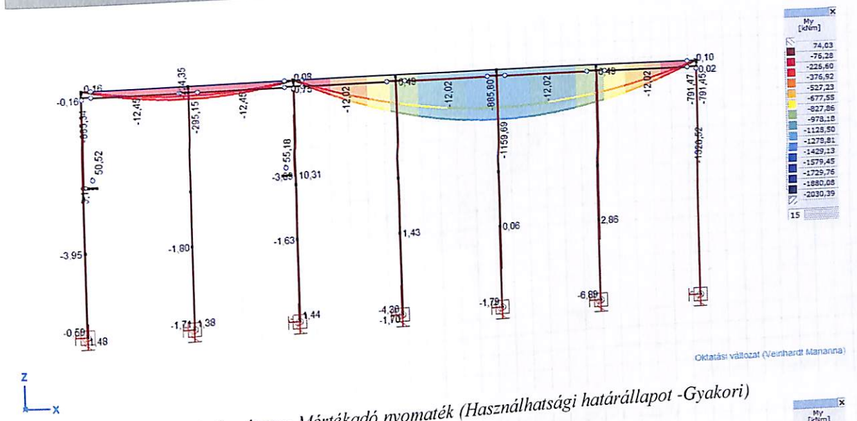
5.7.1 Tetőszelemen

5.7.1.1 Rúd igénybevételek [Önsúly+Rétegrend+Hó+Szél]

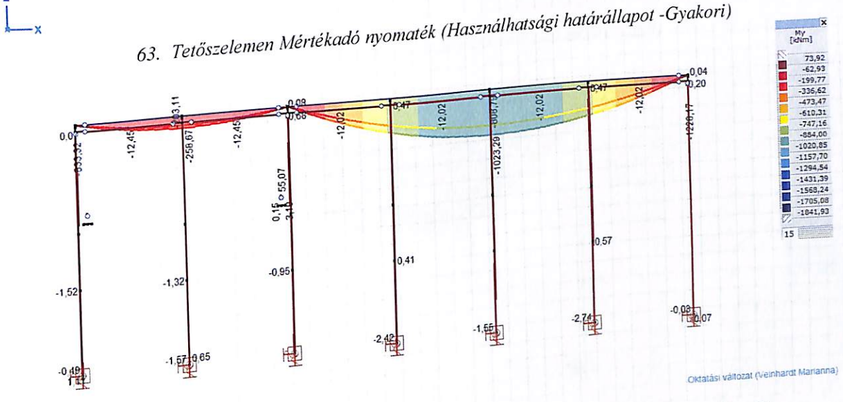
	Táv [m]	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
152	0	8,37	*	*	*	*
153	0	8,37	*	*	*	*
152	0	8,37	*	*	*	*
153	0	8,37	*	*	*	*
152	0	*	0	*	*	*
152	0	*	0	*	*	0
152	0	8,37	0	-387,66	0	0
153	11,200	8,37	0	421,31	0	0
152	11,200	8,37	0	-2,59	-2284,09	0
153	0	8,37	0	-2,59	-2284,09	0
152	0	*	*	*	*	0
152	11,200	*	*	*	*	0



62. Tetőszelemen Mértékadó nyomaték (Teherbírási határállapot)



63. Tetőszelemen Mértékadó nyomaték (Használhatsági határállapot -Gyakori)

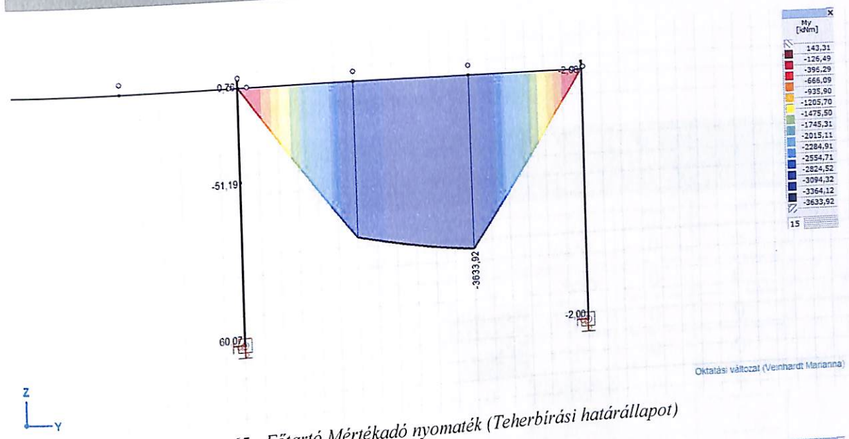


64. Tetőszelemen Mértékadó nyomaték (Használhatósági határállapot - Kváziállandó)

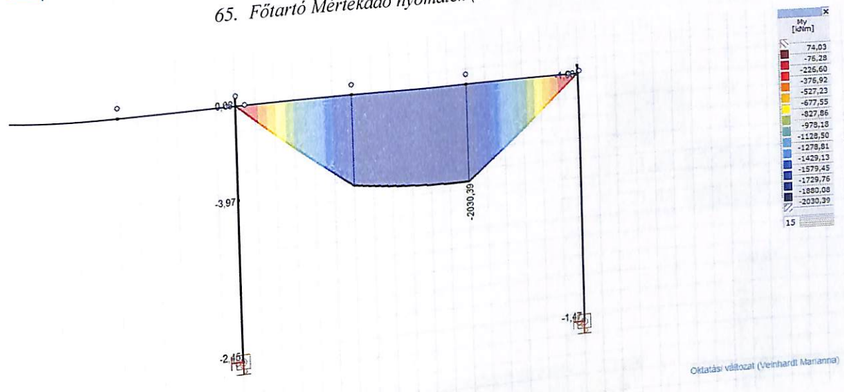
5.7.2 Főtartó

5.7.2.1 Rúd igénybevételek [Önsúly+Rétegrend+Hó+Szél+Daru]

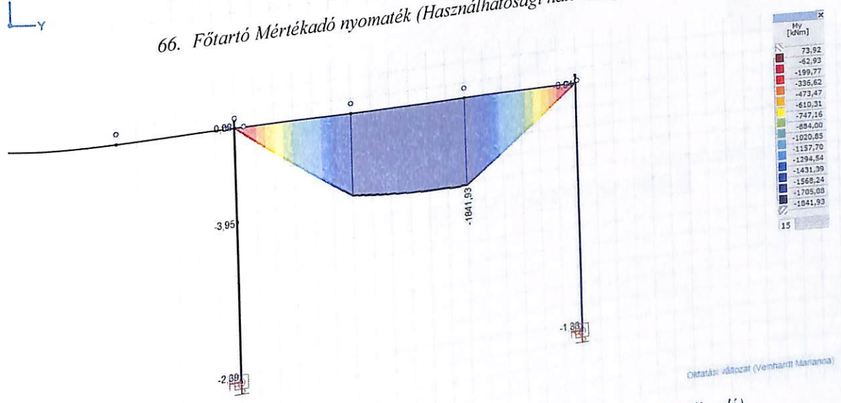
	Táv [m]	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
152	0	0,43	*	*	*	*
153	0	0,43	*	*	*	13,93
157	0	10,16	*	*	-1543,98	13,93
157	12,000	10,16	-3,47	9,13	-1538,01	0
157	12,000	7,17	3,68	226,06	0	0
157	12,000	5,20	-0,96	-569,45	0	11,74
43	0	4,80	1,96	634,86	-3633,92	*
43	18,000	4,80	1,96	576,45	0	0
43	12,000	*	*	*	*	13,93
43	0	*	*	*	*	*
43	18,000	*	*	*		
157	12,000	*				



65. *Főtartó Mértékadó nyomaték (Teherbírási határállapot)*



66. *Főtartó Mértékadó nyomaték (Használhatósági határállapot -Gyakori)*

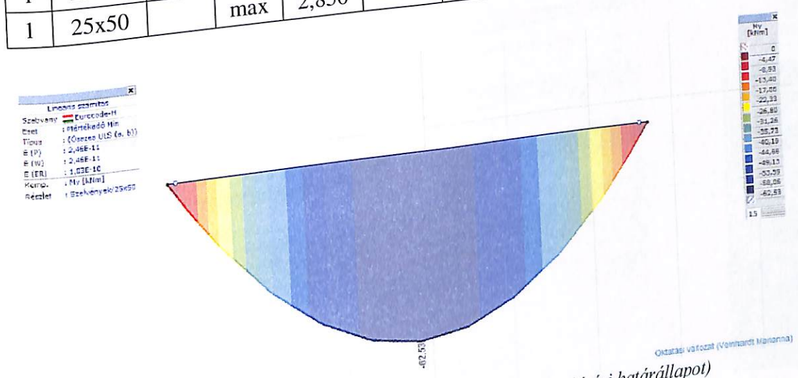


67. *Főtartó Mértékadó nyomaték (Használhatósági határállapot - Kváziállandó)*
68.

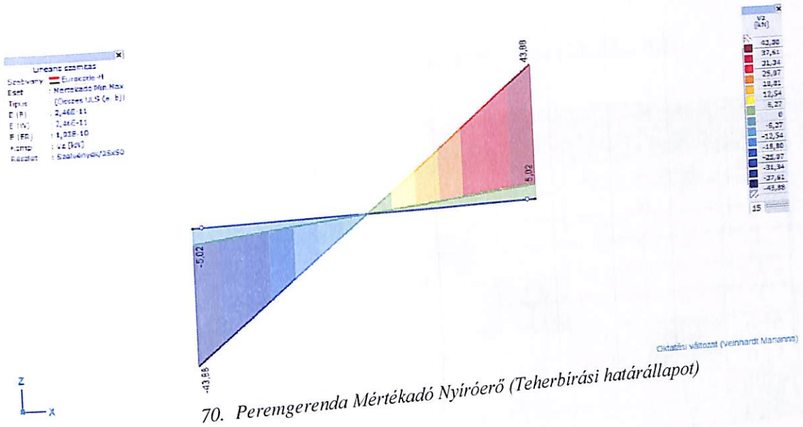
5.7.3 Peremgerenda

5.7.3.1 Rúd igénybevételek ULS Mértékadó, [25x50]

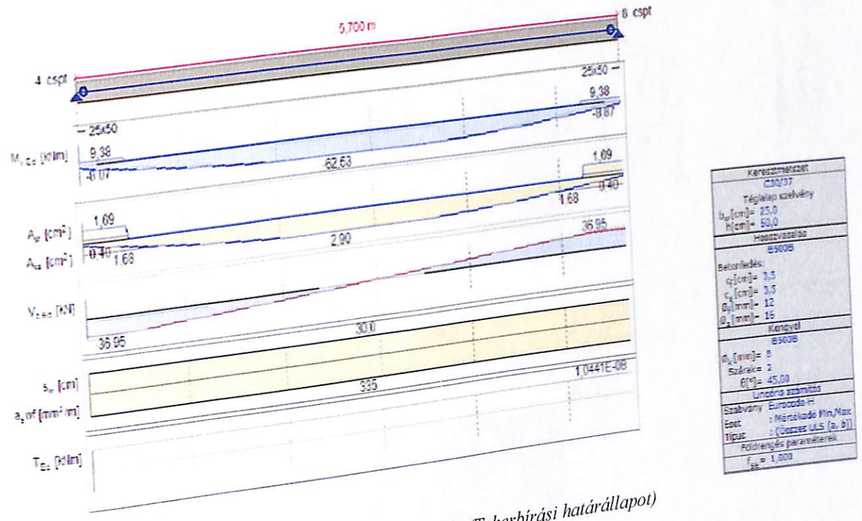
Sz.	Szelvény név	K	min. max.	Táv [m]	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	25x50	Nx	min	0	**0**	0	-24,95	0	0
1	25x50		max	0	**0**	0	-24,95	0	0
1	25x50	Vy	min	0	0	**-0,77**	-17,75	0	0
1	25x50		max	5,700	0	**0,77**	15,02	0	0
1	25x50	Vz	min	0	0	0	**-43,88**	0	0
1	25x50		max	5,700	0	0	**43,88**	0	0
1	25x50	Tx	min	0	0	0	-43,88	0	0
1	25x50		max	0	0	-0,77	-15,02	0	0
1	25x50	My	min	2,850	0	0	0	**-62,53**	0
1	25x50		max	5,700	0	0,24	23,01	**0**	0
1	25x50	Mz	min	2,850	0	0	0	-11,04	**-1,03**
1	25x50		max	2,850	0	0	0	-21,41	**1,14**



69. Peremgerenda Mértékadó Nyomaték (Teherbírási határállapot)



70. *Peremgerenda Mértékadó Nyíróerő (Teherbírási határállapot)*

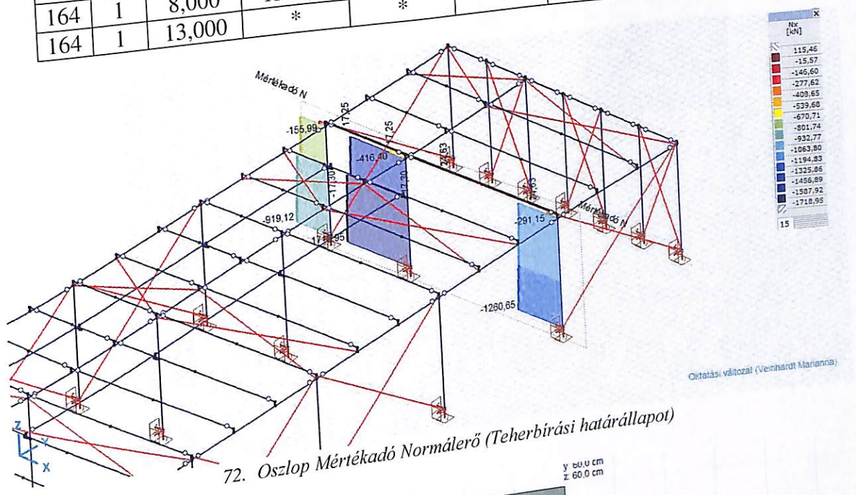


71. *Peremgerenda Vasalás (Teherbírási határállapot)*

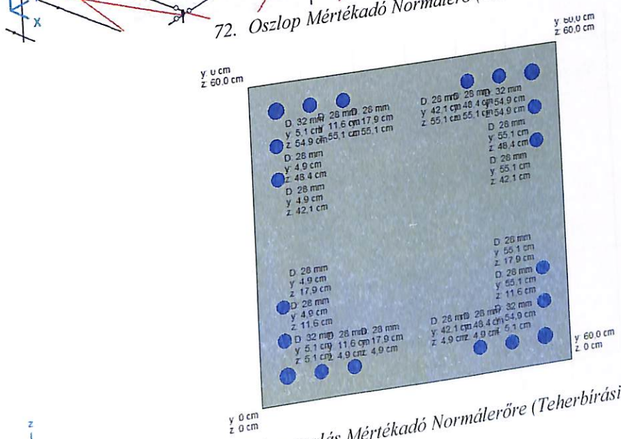
5.7.3.2 Oszlopvasalás mértékadó normálerőre

5.7.3.3 Rúd igénybevételek [Önsúly+Rétegrend+Hó+Szél (ULS (a, b))]

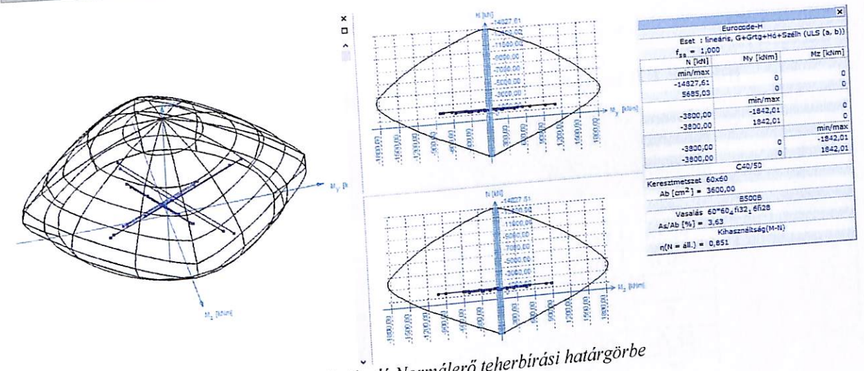
	Sz.	Táv [m]	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
164	1	0	**-1718,95**	0,05	-7,18	0,12	60,07	-0,32
164	1	13,000	**-416,40**	*	*	*	*	*
164	1	8,000	*	**-0,20**	*	*	*	*
164	1	0	*	**0,05**	*	*	*	*
164	1	0	*	*	**-7,18**	*	*	*
164	1	8,000	*	*	**10,12**	*	*	*
164	1	8,000	-1544,03	-0,20	10,12	0	**-51,19**	-0,79
164	1	0	-1718,95	0,05	-7,18	0,12	**60,07**	-0,32
164	1	8,000	-1544,03	-0,20	10,12	0	-51,19	**-0,79**
164	1	13,000	*	*	*	*	*	**0,14**



72. Oszlop Mértékadó Normálerő (Teherbírási határállapot)

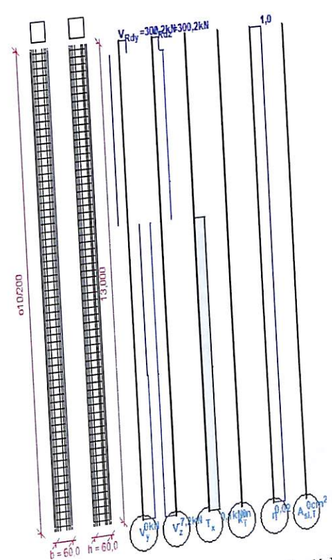


73. Oszlopvasalás Mértékadó Normáleröre (Teherbírási határállapot)



74. Mértékadó Normálerő teherbirási határgörbe

Eurocode-H
C40/50
Keresztmetszet 60x60
Ab [cm²] = 3600,00
B500B
Vasalás 60*60_d fi32_t 6fi28
As/Ab [%] = 3,63
Kengyel o10;
sw [mm] = 200
Kihajlási hossz
β_{yy} = 2,000*L
β_{zz} = 2,000*L
L [m] = 13,000

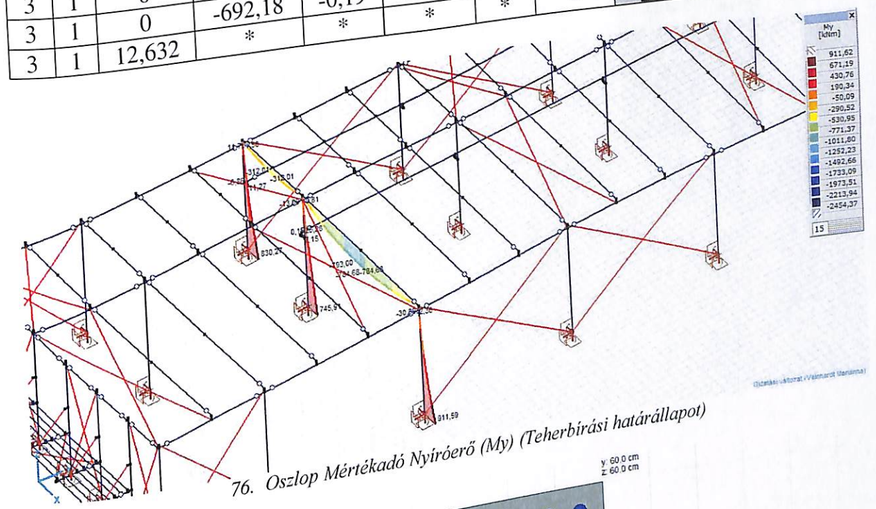


75. Mértékadó Normelérő Nyírási vasalás

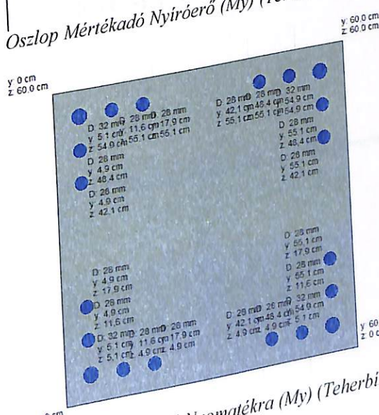
5.7.3.4 Oszlopvasalás mértékadó nyomatékra (My)

5.7.3.5 Rúd igénybevételek [Önsúly+Rétegrend+Szél+Hó+Daru (ULS (a, b)]

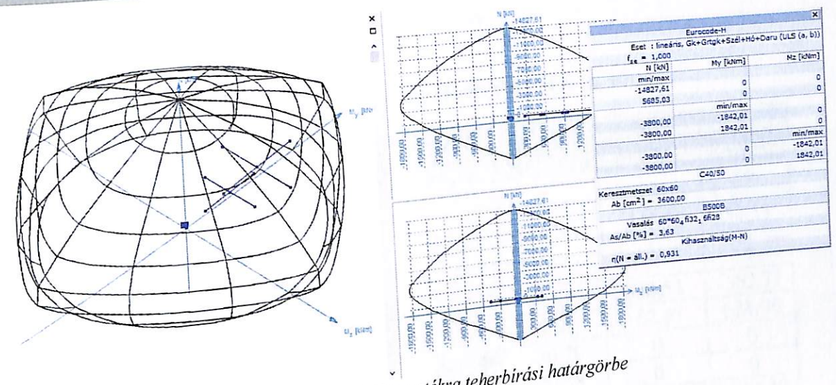
	Sz.	Táv [m]	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	1	0	**-692,18**	-0,19	-133,48	0	911,59	-0,54
3	1	13,000	**-133,76**	5,08	-14,21	0	-2,36	0,05
3	1	0	*	**-0,19**	*	*	*	*
3	1	12,632	*	**5,08**	*	*	*	*
3	1	0	-692,18	-0,19	**-133,48**	0	911,59	-0,54
3	1	13,000	*	*	**-14,21**	*	*	*
3	1	12,632	-560,77	-0,19	-36,86	0	**-30,89**	1,92
3	1	0	-692,18	-0,19	-133,48	0	**911,59**	-0,54
3	1	0	-692,18	-0,19	-133,48	0	911,59	**-0,54**
3	1	12,632	*	*	*	*	*	**1,92**



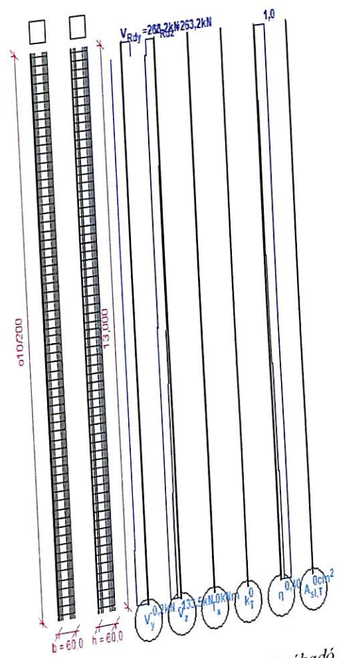
76. Oszlop Mértékadó Nyíróerő (My) (Teherbírási határállapot)



77. Oszlopvasalás Mértékadó Nyomatékra (My) (Teherbírási határállapot)



78. Mértékadó Nyomatékra teherbírási határgörbe



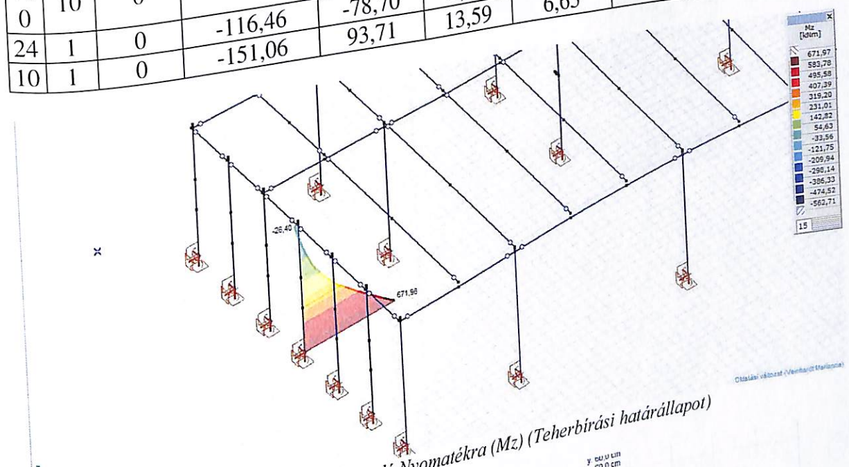
Eurocode-H
C40/50
Keresztmetszet 60x60
Ab [cm²] = 3600,00
B500B
Vasalás 60*60,4 fi32, 6fi28
As/Ab [%] = 3,63
Kengyel ø10;
sw [mm] = 200
Kihajlási hossz
β_{cy} = 2,000*L
β_{cz} = 2,000*L
L [m] = 13,000

79. Mértékadó Nyomatékra Nyírási vasalás

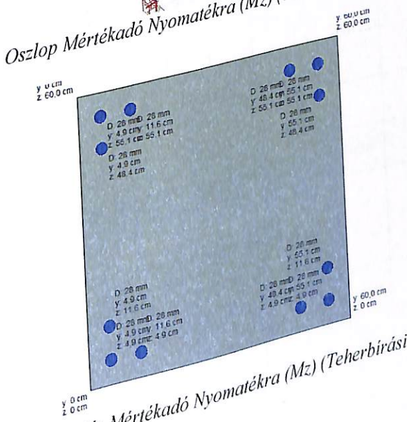
5.7.3.6 Oszlopvasalás mértékadó nyomatékra (Mz)

5.7.3.7 Rúd igénybevételek [lineáris, G+Grtg+Szél+Hó (ULS (a, b))]

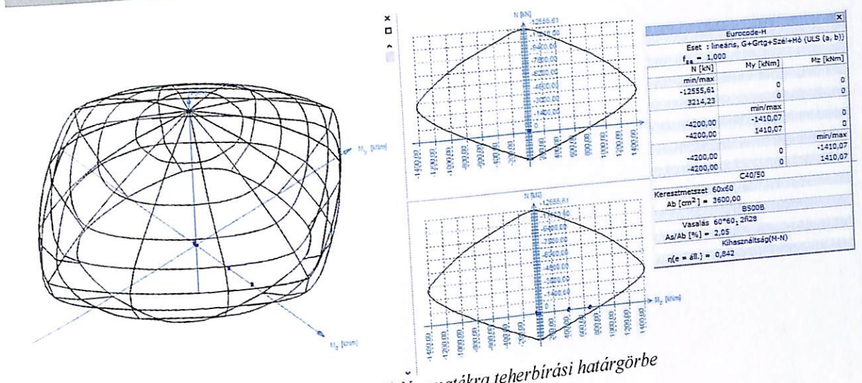
	Sz.	Táv [m]	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
—	—	—	—	—	—	—	—	—
163	1	0	**-1257,80**	21,21	41,16	44,55	-545,72	54,53
				*	*	*	*	*
39	3	0	**101,45**	**-78,70**	2,99	-3,19	-32,54	-562,71
24	1	0	-116,46	**93,71**	13,59	6,65	-62,61	671,96
10	1	0	-151,06	8,72	**-401,69**	-20,79	0	0
43	3	0	64,08	-23,90	**436,81**	-30,58	0	0
43	3	18,000	57,85	-23,90	378,39	-30,58	**-2445,58**	-143,42
43	3	12,000	57,85	-23,90	-85,57	-0,03	**332,72**	53,72
180	10	0	5,65	13,93	2,99	-3,19	-32,54	**-562,71**
24	1	0	-116,46	-78,70	13,59	6,65	-62,61	**671,96**
10	1	0	-151,06	93,71				



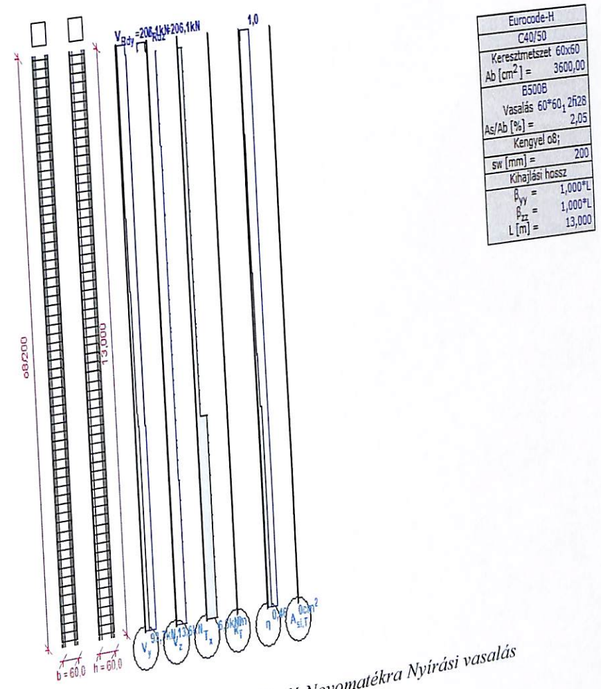
80. Oszlop Mértékadó Nyomatékra (Mz) (Teherbírási határállapot)



81. Oszlopvasalás Mértékadó Nyomatékra (Mz) (Teherbírási határállapot)

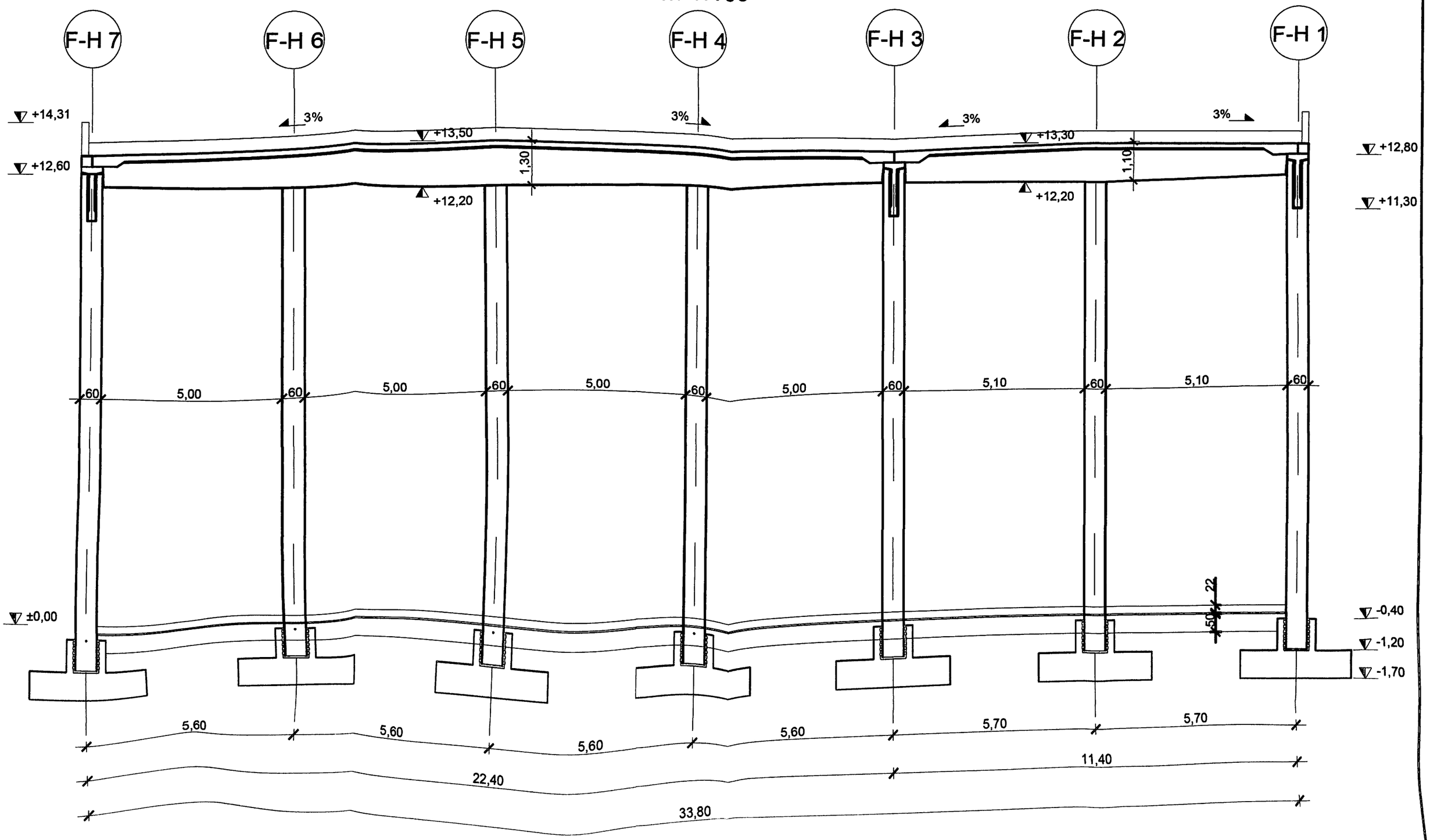


82. Mértékadó Nyomatékra teherbírási határgörbe

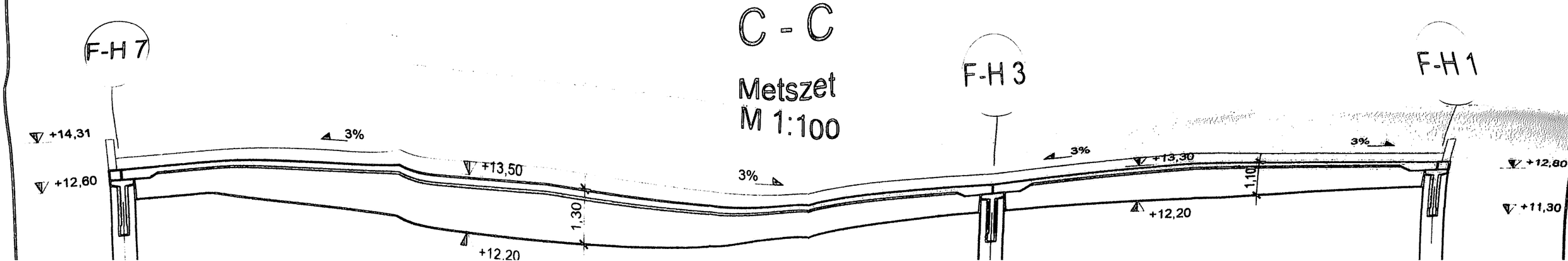


83. Mértékadó Nyomatékra Nyírási vasalás

B - B
Metszet
M 1:100

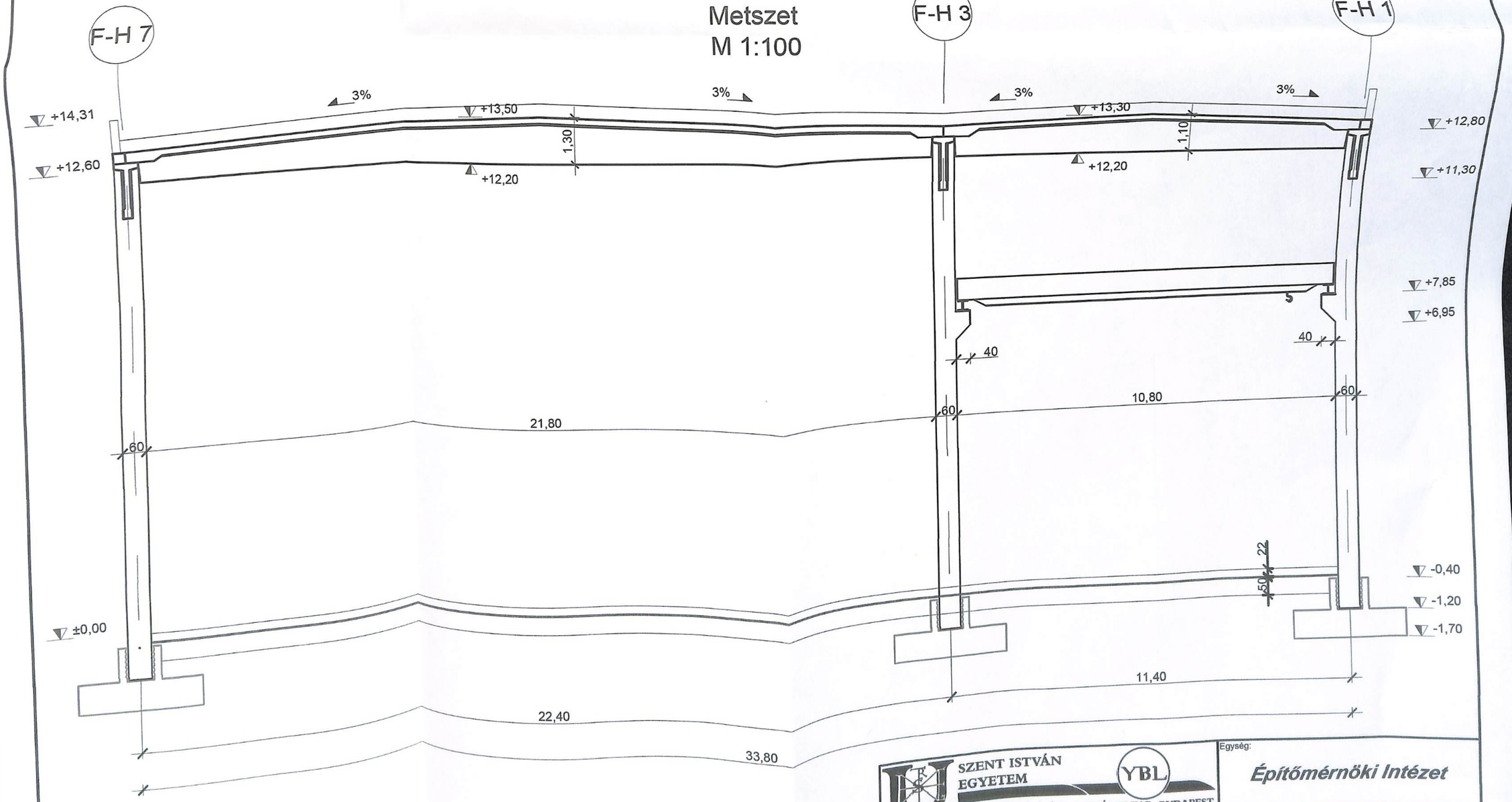


C - C
Metszet
M 1:100



C - C

Metszet
M 1:100



Megjegyzés:

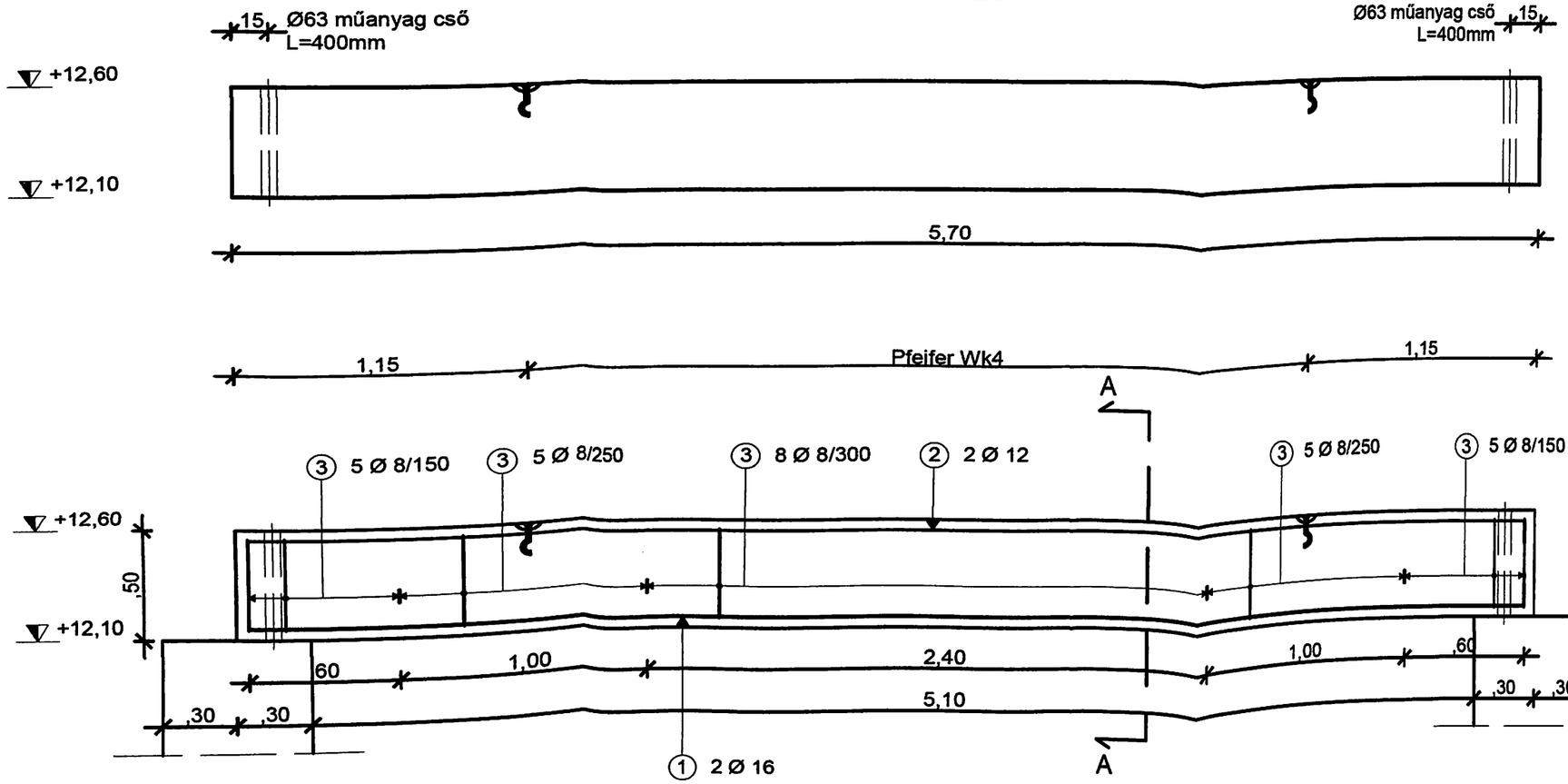
1. Anyagminőségek:
   -Szerkezeti beton: C40/50-XC2-16-F3 (MSZ 4798:2016)
   -Betonacél: B500B (MSZ EN10080:2005)
2. Betonfedés: 3,5 cm
3. A magasságok Balti alapsíkra vonatkoznak (mBf)
4. A méretek a helyszínen ellenőrizendők
5. A tervek a szakági tervekkel együtt kezelendők

SZENT ISTVÁN EGYETEM, YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST	Egység: Építőmérnöki Intézet
Tanszék: Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport	
Tárgy: Szakdolgozat	Év/félév: 2018/19 I.
Feladat: Budapest Bökényföldi út Új raktárcsarnok építés Kiviteli tervei B-B, C-C Keresztmetszet	Rajzméret: A2 Méretarány: M 1:100 Rajzszám: R-003
Hallgató: Veinhardt Marianna	Neptunkód: [redacted] Szak: N. ép. Konzulens: Szabó Balázs

FT01

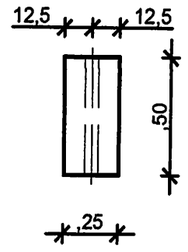
Oldalnézet

M 1:25



Metszet

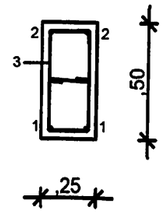
M 1:25



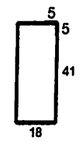
Megjegyzés:

1. Beton: C30/37-XC1-24-F3 (0,71 m^3)
2. Tömeg: 1,78 t/db
3. Készül: 4 db
4. Élsarokkialakítás: 2/2

A-A metszet



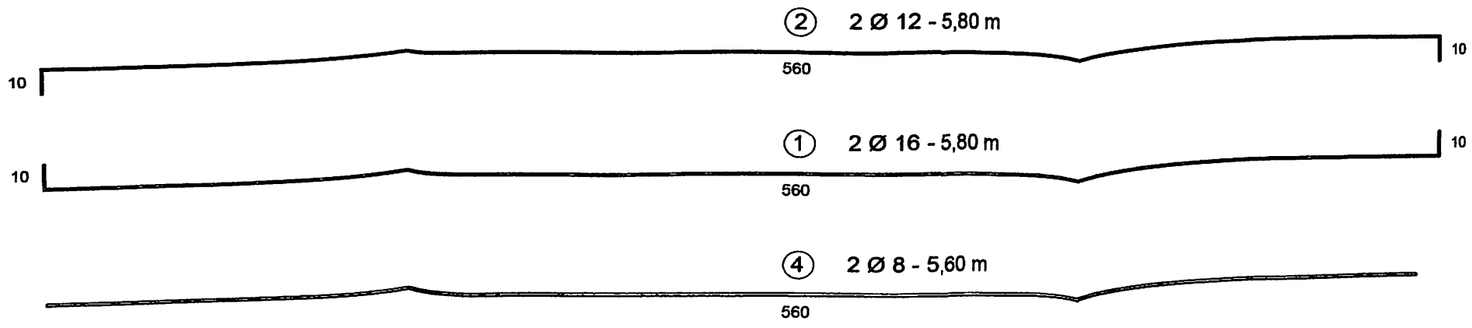
Kengyel



Távtartó

⑤ 28 Ø 8 - 0,27 m

③ 24 Ø 8 - 1,28 m



BETONACÉL KIVONAT

Jel	db	Betonacél átmérő [mm]	Hossz/db [m]	Összhossz átmérő szerint 8	12	16
1	2	16	5,80			11,60
2	2	12	5,80		11,60	
3	28	8	1,28	35,84		
4	2	8	5,60	11,20		
5	28	8	0,27	7,56		
Összhossz			[m]	35,84	11,60	11,60
Átmérőnkénti fm. tömeg			[kg/m]	0,394	0,887	1,580
Átmérőnkénti össztömeg			[kg]	14,12	10,29	18,33
Össztömeg			[kg]			42,74

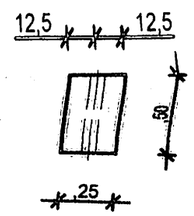
FT02

Oldalnézet

M 1:25

Metszet

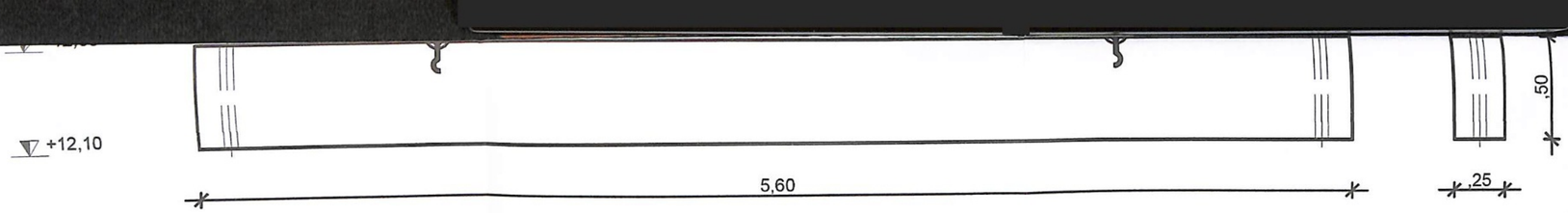
M 1:25

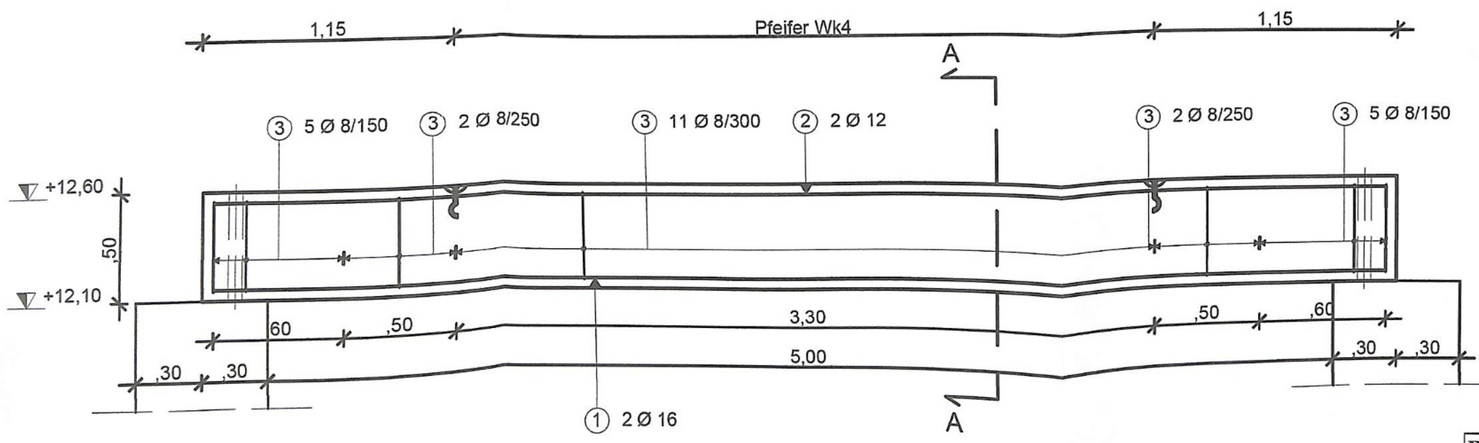


Megjegyzés

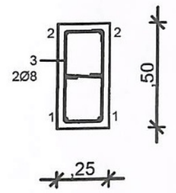
1. Beton: C30/37-XC1-24-F3 (0,70 m^3)
2. Tömeg: 1,75 t/db
3. Készül: 8 db
4. Élsarokkialakítás: 2/2

1. Beton: C30/37-XC1-24-F3 (0,70 m^3)
2. Tömeg: 1,75 t/db
3. Készül: 8 db
4. Élsarokkialakítás: 2/2

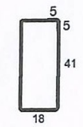




A-A metszet

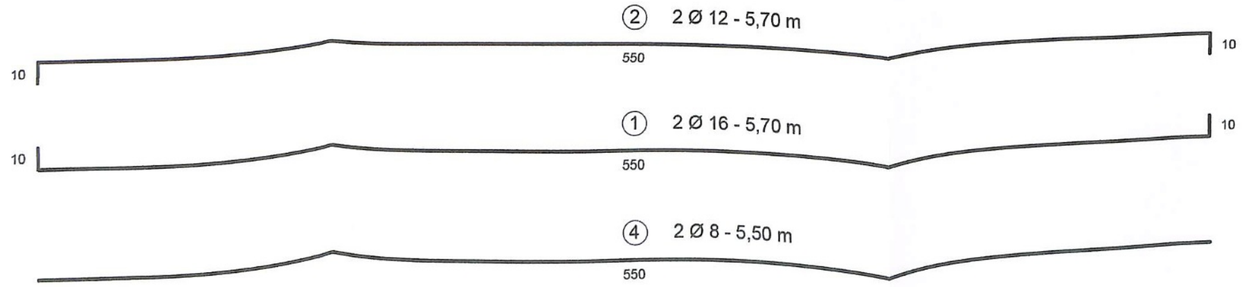


Kengyel



③ 24 Ø 8 - 1,28 m

Távtartó



BETONACÉL KIVONAT

Jel	db	Betonacél átmérő [mm]	Hossz/db [m]	Összhossz átmérő szerint 8	12	16
1	2	16	5,70			11,40
2	2	12	5,70		11,40	
3	24	8	1,28	30,72		
4	2	8	5,50	11,00		
5	24	8	0,27	6,48		
Összhossz			[m]	30,72	11,40	11,40
Átmérőnkénti fm. tömeg			[kg/m]	0,394	0,887	1,580
Átmérőnkénti össztömeg			[kg]	12,10	10,11	18,01
Össztömeg			[kg]			40,23

Megjegyzés:

1. Anyagminőségek:
   - -Szerkezeti beton: C30/37-XC2-16-F3 (MSZ 4798:2016)
   - -Betonacél: B500B (MSZ EN10080:2005)
   - -Emelőkapmó Pfeifer Wk4 (2db/elem)
2. Betonfedés: 3,5 cm
3. A magasságok Balti alapsíkra vonatkoznak (mBf)
4. A méretek a helyszínen ellenőrizendők
5. A tervek a szakági tervekkel együtt kezelendők

SZENT ISTVÁN EGYETEM
YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

Egység: *Építőmérnöki Intézet*

Tanszék: Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport

Tárgy: Szakdolgozat

Év/félév: 2018/19 I.

Feladat: Budapest Bökényföldi út
Új raktárcsarnok építés
Kiviteli tervei
PT01, PT02 jelű peremgerenda vasalási terve

Rajzméret: A2

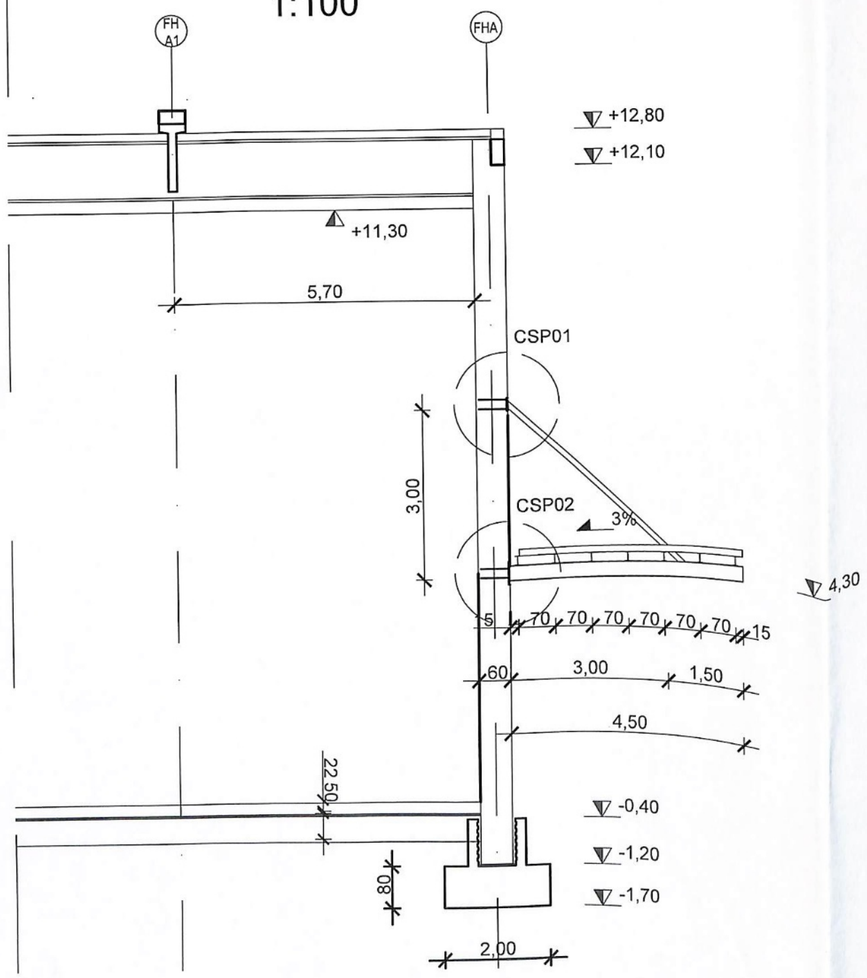
Méretarány: M 1:25

Rajzszám: R-001

Hallgató:	Neptunkód:	Szak:	Konzulens:
Veinhardt Marianna	[redacted]	N. ép.	Szabó Balázs

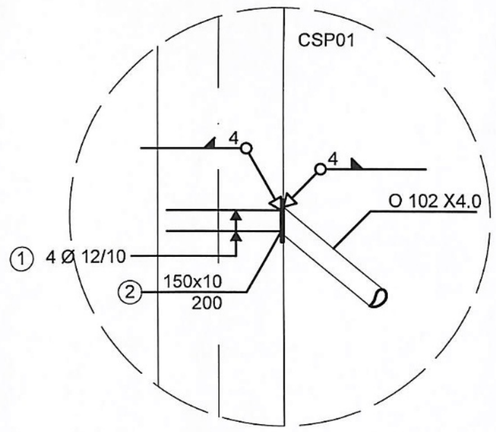
A - A

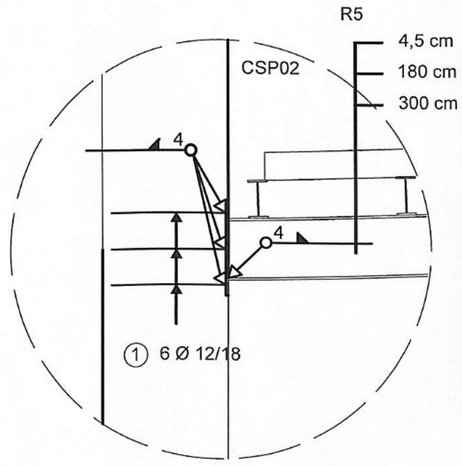
Metszet
1:100

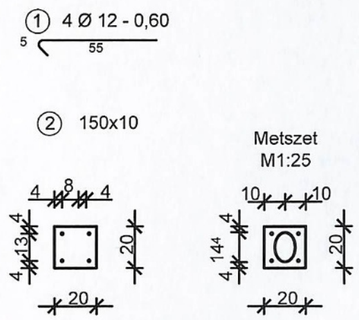


Megjegyzés:

1. Anyagminöségek:
   -Szerkezeti beton:
   C40/50-XC2-16-F3 (MSZ 4798:2016)
   -Betonacél:
   B500B (MSZ EN10080:2005)
2. Betonfedés: 3,5 cm
3. A magasságok Balti alapsikra vonatkoznak (mBf)
4. A méretek a helyszínen ellenőrizendők
5. A tervek a szakági tervekkel együtt kezelendők

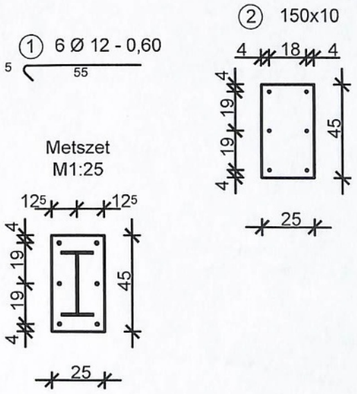






R5

4,5 cm	acél trapézlemez
180 cm	IPE 180 szelemen
300 cm	IPE 300 függesztett gerenda



Egység: Építőmérnöki Intézet			
Tanszék: Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport			
Tárgy: Szakdolgozat			Év/félév: 2018/19 I.
Feladat: Budapest Bökényföldi út Új raktárcsarnok építés Kiviteli tervei Keresztmetszetek			Rajzméret: A3 Méretarány: M 1:100 Rajzszám: R-003
Hallgató: Veinhardt Marianna	Neptunkód: [redacted]	Szak: N. ép.	Konzulens: Szabó Balázs

11,20

2,60

Pfeifer Wk15

3,00

Ø63 műanyag cső
L=400mm

16

75

3

30

16

1,20
⑬ 17 Ø 10/10

1,00
⑬ 20 Ø 10/5

1,60
⑬ 17 Ø 10/10

1,00
⑬ 20 Ø 10/5

1,50
⑬ 15 Ø 10/10

25
⑦ 5 Ø 10/5

70
⑥ 15 Ø 10/5

④ 2 Ø 12

⑧ 2 Ø 16

1,20
⑩ 12 Ø 10/10

1,00
⑪ 20 Ø 10/5

1,60
⑩ 16 Ø 10/10

1,00
⑪ 20 Ø 10/5

1,50
⑩ 15 Ø 10/10

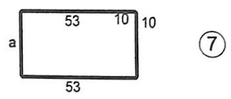
65
⑨ 14 Ø 10/5

10

41

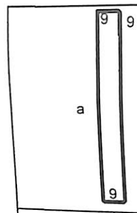
10

60



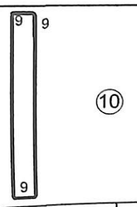
⑦ 12 Ø 10

Alak	Darab	Hossz a [mm]	Hossz Egyedi vas [mm]	Hossz Teljes vas [m]
7.1	2	320	1700	3,4
7.2	2	270	1600	3,2
7.3	2	220	1500	3
7.4	2	170	1400	2,8
7.5	4	140	1340	5,36
Hosszak összege [m]				17,76



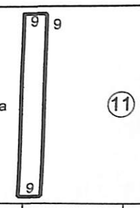
⑫ 40 Ø 10

Alak	Darab	Hossz a [mm]	Hossz Egyedi vas [mm]	Hossz Teljes vas [m]
12.1	2	1130	2298	4,60
12.2	4	1140	2318	9,27
12.3	2	1150	2338	4,68
12.4	4	1160	2358	9,43
12.5	4	1170	2378	9,51
12.6	4	1180	2398	9,59
12.7	4	1190	2418	9,67
12.8	4	1200	2438	9,75
12.9	4	1210	2458	9,83
12.10	2	1220	2478	4,96
12.11	4	1230	2498	9,99
Hosszak összege [m]				91,284



⑩ 86 Ø 10

Alak	Darab	Hossz a [mm]	Hossz Egyedi vas [mm]	Hossz Teljes vas [m]
10.1	2	960	1958	3,92
10.2	8	970	1978	15,82
10.3	8	980	1998	15,98
10.4	8	990	2018	16,14
10.5	4	1000	2038	8,15
10.6	6	1030	2098	12,59
10.7	6	1040	2118	12,71
10.8	8	1050	2138	17,10
10.9	8	1060	2158	17,26
10.10	4	1070	2178	8,71
10.11	6	1100	2238	13,43
10.12	8	1110	2258	18,06
10.13	6	1120	2278	13,67
10.14	4	1130	2298	9,19
Hosszak összege [m]				182,748

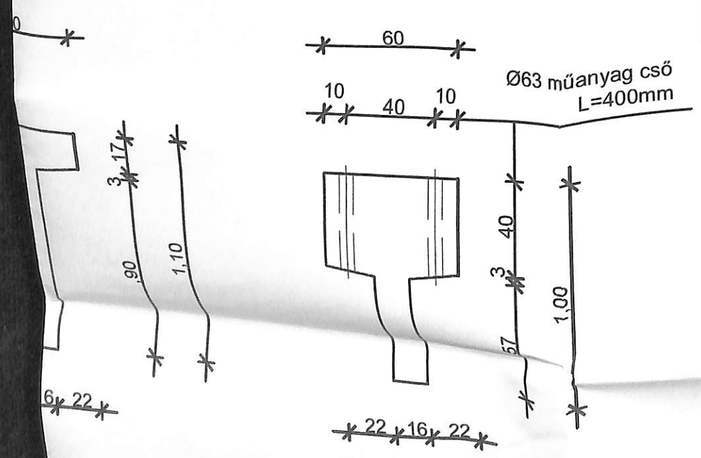


⑪ 80 Ø 10

Alak	Darab	Hossz a [mm]	Hossz Egyedi vas [mm]	H Te
11.1	6	1000	2038	
11.2	16	1010	2058	
11.3	14	1020	2078	
11.4	4	1030	2098	
11.5	8	1070	2178	
11.6	14	1080	2198	
11.7	16	1090	2218	
11.8	2	1100	2238	
Hosszak összege [m]				

metszet

A-A metszet

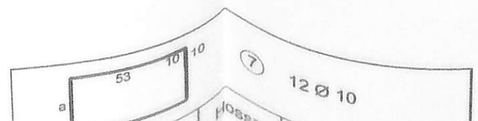


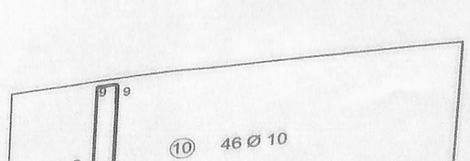
Megjegyzés:

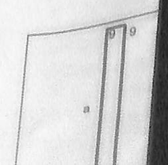
1. Beton: C40/50-XC2-16-F3 (2,90 m^3)
2. Tömeg: 7,25 t/db
3. Készül: 16 db
4. Élsarokkialakítás: 2/2

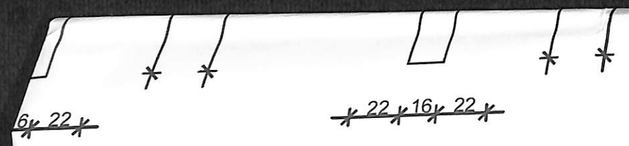
metszet

A-A metszet





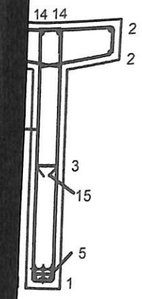




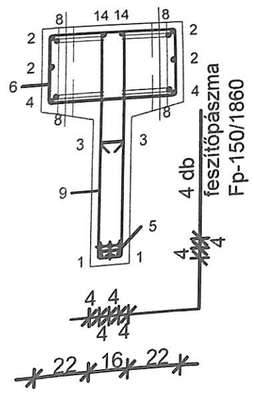
Megjegyzés:

1. Beton: C40/50-XC2-16-F3 (2,90 m^3)
2. Tömeg: 7,25 t/db
3. Készül: 16 db
4. Élsarokkialakítás: 2/2

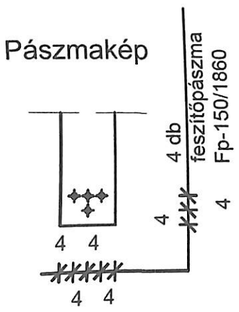
metszet

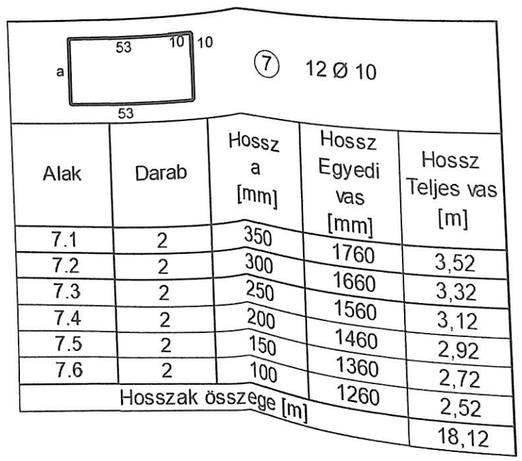


A-A metszet

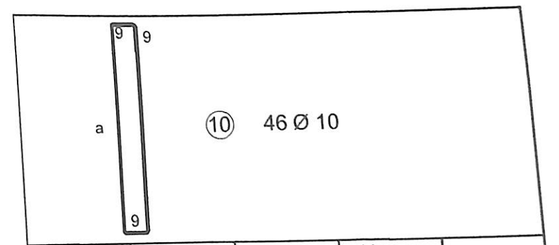


Pászmakép

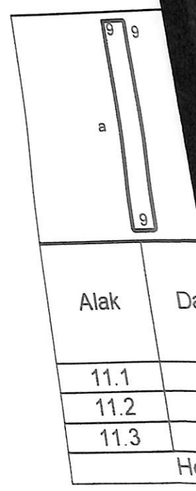




Alak	Darab	Hossz a [mm]	Hossz Egyedi vas [mm]	Hossz Teljes vas [m]
7.1	2	350	1760	3,52
7.2	2	300	1660	3,32
7.3	2	250	1560	3,12
7.4	2	200	1460	2,92
7.5	2	150	1360	2,72
7.6	2	100	1260	2,52
Hosszak összege [m]				18,12



Alak	Darab	Hossz a [mm]	Hossz Egyedi vas [mm]	Hossz Teljes vas [m]
10.1	8	960	1958	15,66
10.2	12	970	1978	23,74
10.3	10	980	1998	19,98
10.4	8	1010	2058	16,46
10.5	10	1020	2078	20,78
Hosszak összege [m]				96,624

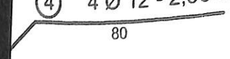


Alak	Da
11.1	
11.2	
11.3	
	Ho

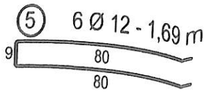
10 - 1,27 m

⑮ 42 Ø 8 - 0,19 m

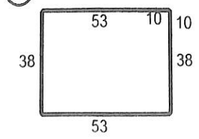
④ 4 Ø 12 - 2,00 m



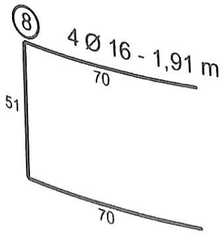
⑤ 6 Ø 12 - 1,69 m



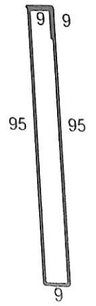
⑥ 28 Ø 10 - 1,84 m



⑧ 4 Ø 16 - 1,91 m



⑨ 28 Ø 10 - 2,26 m

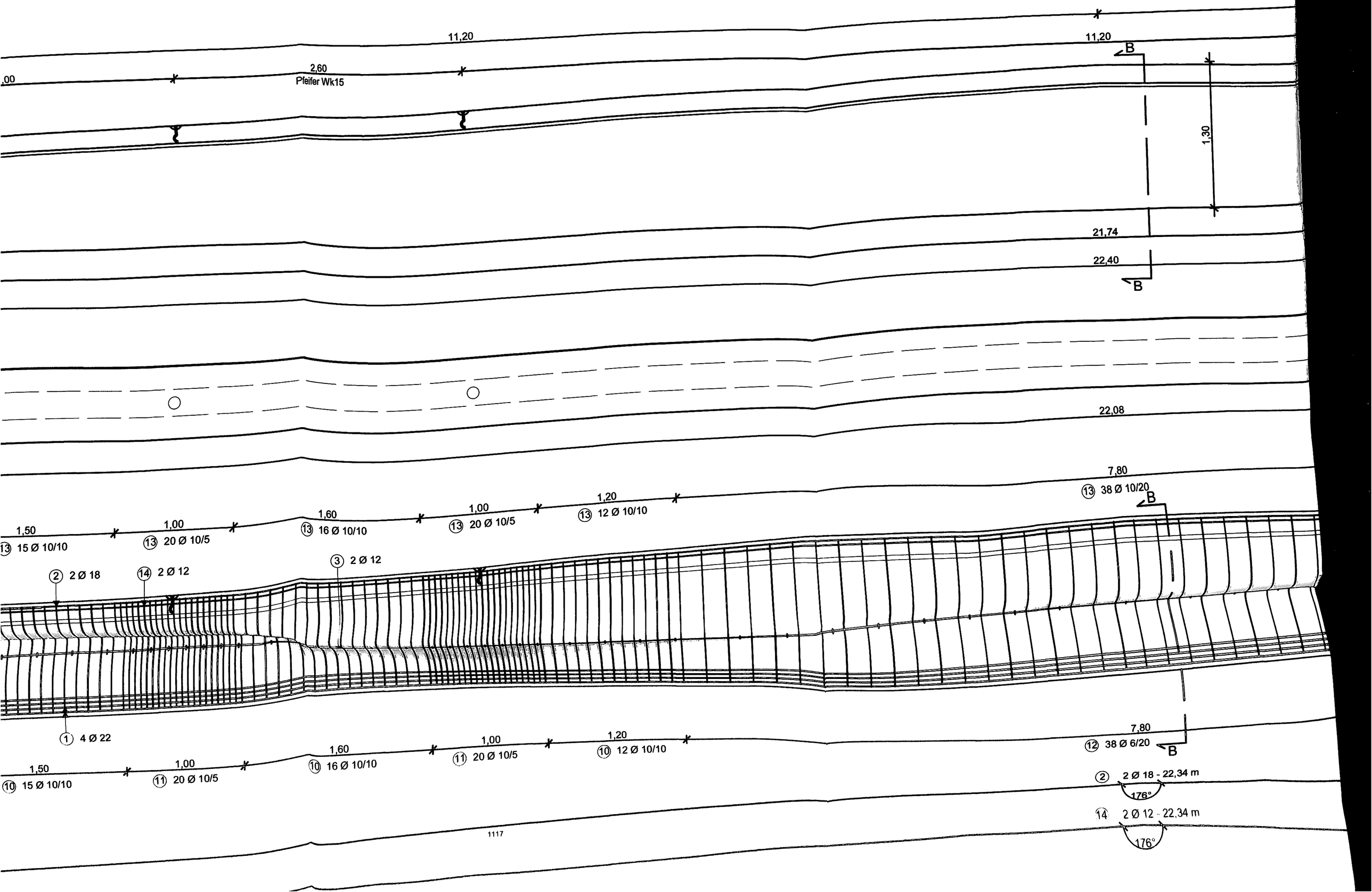


Megjegyzés:

1. Anyagminőségek:
   - -Szerkezeti beton: C40/50-XC2
   - -Betonacél: B500B (MS
   - -Emelőkapmó Pfeifer Wk
2. Betonfedés: 3,5 cm
3. A magasságok Balti alapsíkra vona
4. A méretek a helyszínen ellenőrize
5. A tervek a szakági tervekkel együ

TSZ01

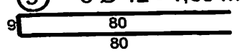
M 1:25


11,20
2,60
Pfeifer Wk15
,00
11,20
B
1,30
21,74
22,40
B
22,08
7,80
13 38 Ø 10/20
B
1,50
13 15 Ø 10/10
1,00
13 20 Ø 10/5
1,60
13 16 Ø 10/10
1,00
13 20 Ø 10/5
1,20
13 12 Ø 10/10
2 2 Ø 18
14 2 Ø 12
3 2 Ø 12
1 4 Ø 22
7,80
12 38 Ø 6/20
B
1,50
10 15 Ø 10/10
1,00
11 20 Ø 10/5
1,60
10 16 Ø 10/10
1,00
11 20 Ø 10/5
1,20
10 12 Ø 10/10
2 2 Ø 18 - 22,34 m
176°
14 2 Ø 12 - 22,34 m
176°
1117

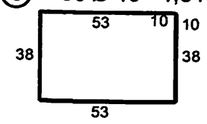
① 2 Ø 22 - 21,68 m
2168

③ 2 Ø 12 - 21,72 m
2172

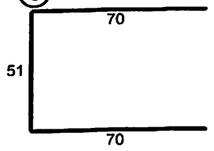
⑤ 6 Ø 12 - 1,69 m



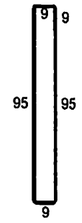
⑥ 30 Ø 10 - 1,84 m



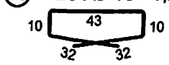
⑧ 4 Ø 16 - 1,91 m



⑨ 28 Ø 10 - 2,28 m



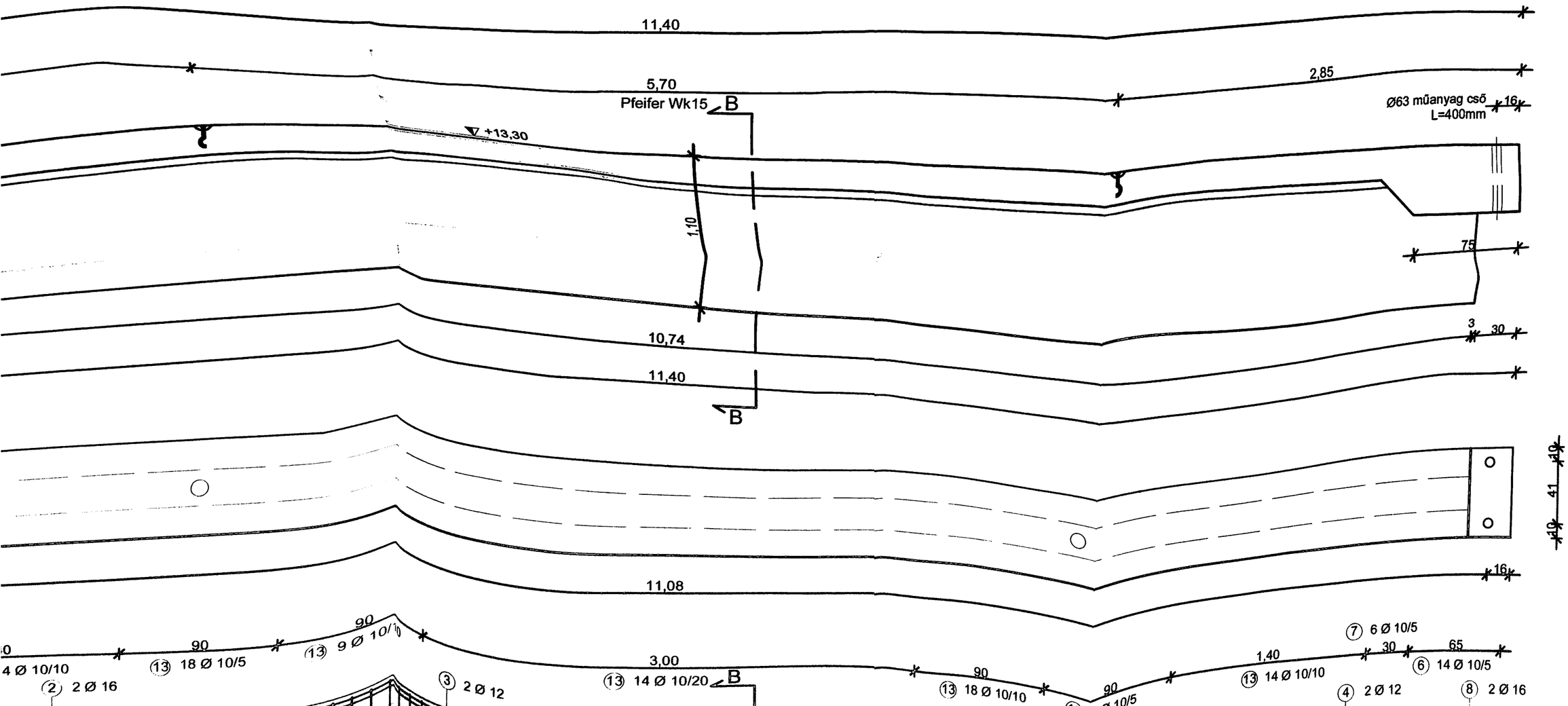
⑬ 204 Ø 10 - 1,27 m



⑮ 84 Ø 8 - 0,19 m

TSZ02

M 1:25



10,74

11,40

B

3

30

22

10

41

10

16

11,08

⑦ 6 Ø 10/5

90 90 3,00 90 90 1,40 30 65

⑬ 18 Ø 10/5 ⑬ 9 Ø 10/10 ⑬ 14 Ø 10/20 ⑬ 18 Ø 10/10 ⑬ 9 Ø 10/5 ⑬ 14 Ø 10/10 ⑥ 14 Ø 10/5

4 Ø 10/10

② 2 Ø 16

③ 2 Ø 12

④ 2 Ø 12

⑧ 2 Ø 16

⑤ 1 Ø 12

B

① 2 Ø 18

90 90 3,00 90 90 1,40 65

⑪ 18 Ø 10/5 ⑩ 9 Ø 10/10 ⑫ 14 Ø 10/20 ⑩ 18 Ø 10/10 ⑪ 9 Ø 10/5 ⑩ 14 Ø 10/10 ⑨ 14 Ø 10/5

10/10

B

② 2 Ø 16 - 11,34 m

178°

⑭ 2 Ø 12 - 11,34 m

178°

① 2 Ø 18 - 10,70 m

③ 2 Ø 12 - 10,74 m

B-B

⑬ 82 Ø

10

32

70