

terve bt. :: <http://www.terve.hu>
1085 Budapest, József krt. 18. I./21.
+36-70-512-9874 :: +36-70-272-2978
email: info (kukac) terve (pont) hu

A tanulmány a http://www.terve.hu/jaroli/tervek_1.html oldalról származik, a forrás feltüntetésével szabadon felhasználható. A pdf fájl magyar Openoffice.org 1.1-el készült: <http://office.fsf.hu>

Tájjvédelmi Oktatóközpont Vigántpetenden
Diplomatervezés 2003
Középülettervezési Tanszék

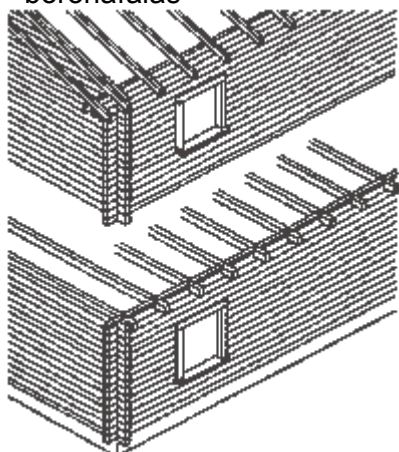
JÁROLI JÓZSEF
konzulens: Draskóczy András dr.

TARTÓSZERKEZETI TANULMÁNY

A faépítésben használatos szerkezeti rendszerek az alábbi fő csoportokra oszthatóak:

falas:

-boronafalas

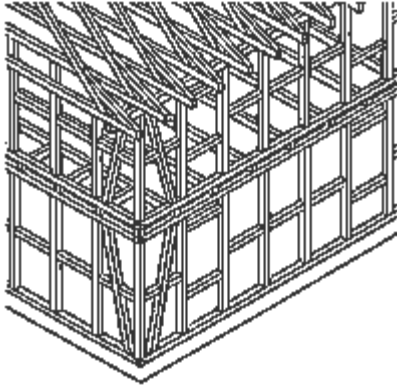


tömör falpaneles:

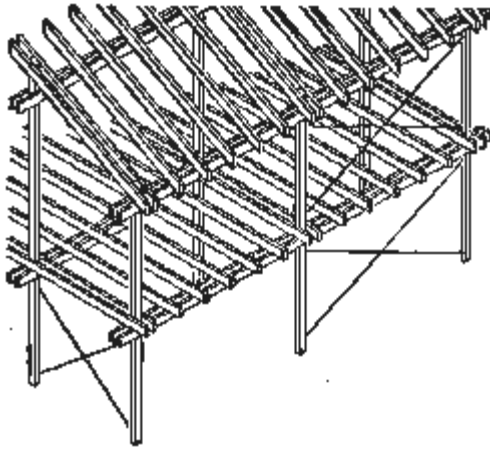


Vázaskerkezeti rendszer:

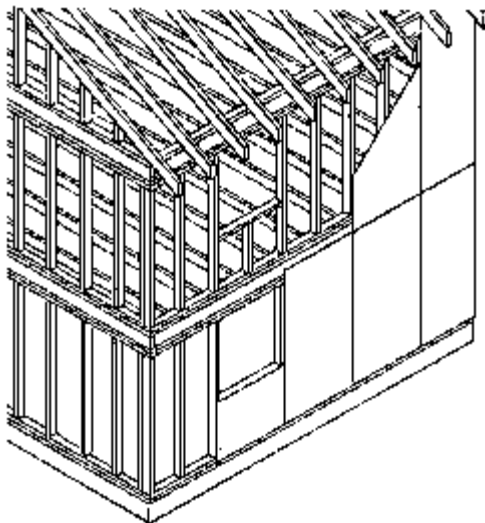
-hagyományos favázaskerkezet



-mérnöki, vázaskerkezet



-fakerekes, vázaskerkezet



Választott szerkezeti rendszer leírása:

Az újonnan épített részek favázak, mert:

A fa megújuló forrásból származó építőanyag.

A szerkezet előállításához kevés primérenergia szükséges, előállítása kevésbé károsítja a környezetet.

A beépített famennyiség elkorhadásáig, elégséig csökkenti a légkör szén-dioxid tartalmát.

Az épület elbontása esetén a beépített faanyag újra felhasználható.

A fa jó hőszigetelő tulajdonságú, jó hőtároló építőanyag, faszerkezettel lehetőség van az alacsony energiaigényű, vagy akár a passzív házakhoz szükséges jó hőszigetelő képességű határolószerkezetek létrehozására.

A fa könnyen megmunkálható, a faváz könnyen átalakítható.

Választásom a fakeretes szerkezeti rendszerre esett:

-nincs olyan nagy faigénye, mint a falas rendszereknek,

-sűrű raszterű, mely flexibilis térformálást tesz lehetővé,

-a szerkezeti kapcsolatok egyszerű felépítésűek, a keresztmetszetek egységesek, ezért kivitelezése egyszerű és olcsó.

A szerkezeti rendszer a tengerentúlon alakult ki az európai hagyományos favázak építést továbbfejlesztve, majd innen került vissza Európába, ahol széles körben alkalmazzák. Alkalmas mind családi házak, mind többszintes épületek kivitelezésére. A faszerkezetű lakóépületek 53 %-a, a faszerkezetes középületek 83 %-a ezzel a rendszerrel épül.

Statikailag a következőképpen működik a rendszer:

Alapegységei a rétegelt lemezzel, OSB-lemezzel merevített fakeretek, melyek alkotják a födémeket, falakat, tetőket.

Ezek elkészíthetők előregyártva nagyobb egységben, vagy a helyszínen összeszerelve.

A faváz elemei hármasszerepet töltenek be

-teherhordás

-hőszigetelés rögzítése

-burkolatok tartószerkezete

A fentiek miatt keresztmetszeteik nem statikai megfontolásokból lettek ekkorára felvéve, hanem a vázkitöltő hőszigetelés szükséges vastagságának függvényében.

A szerkezeti elemek tengelytávolságát pedig a burkolásukra, illetve a teherhordó szerepet betöltő rétegelt vagy OSB-lemezek táblaméretei (1250x2000 mm, stb.) befolyásolják.

Ez alól csak a 6,40 méteres fesztávú födémszakaszok jelentenek kivételt, ahol a lehajlás volt a mértékadó tényező.

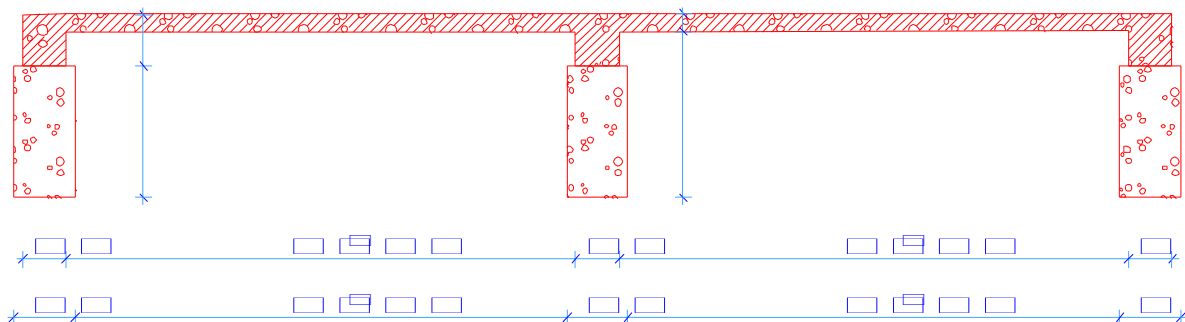
A tervezett ház műleírása:

Alapozás:

30 cm széles beton sávalap készül a teherhordó falak és az oromfalak alatt.

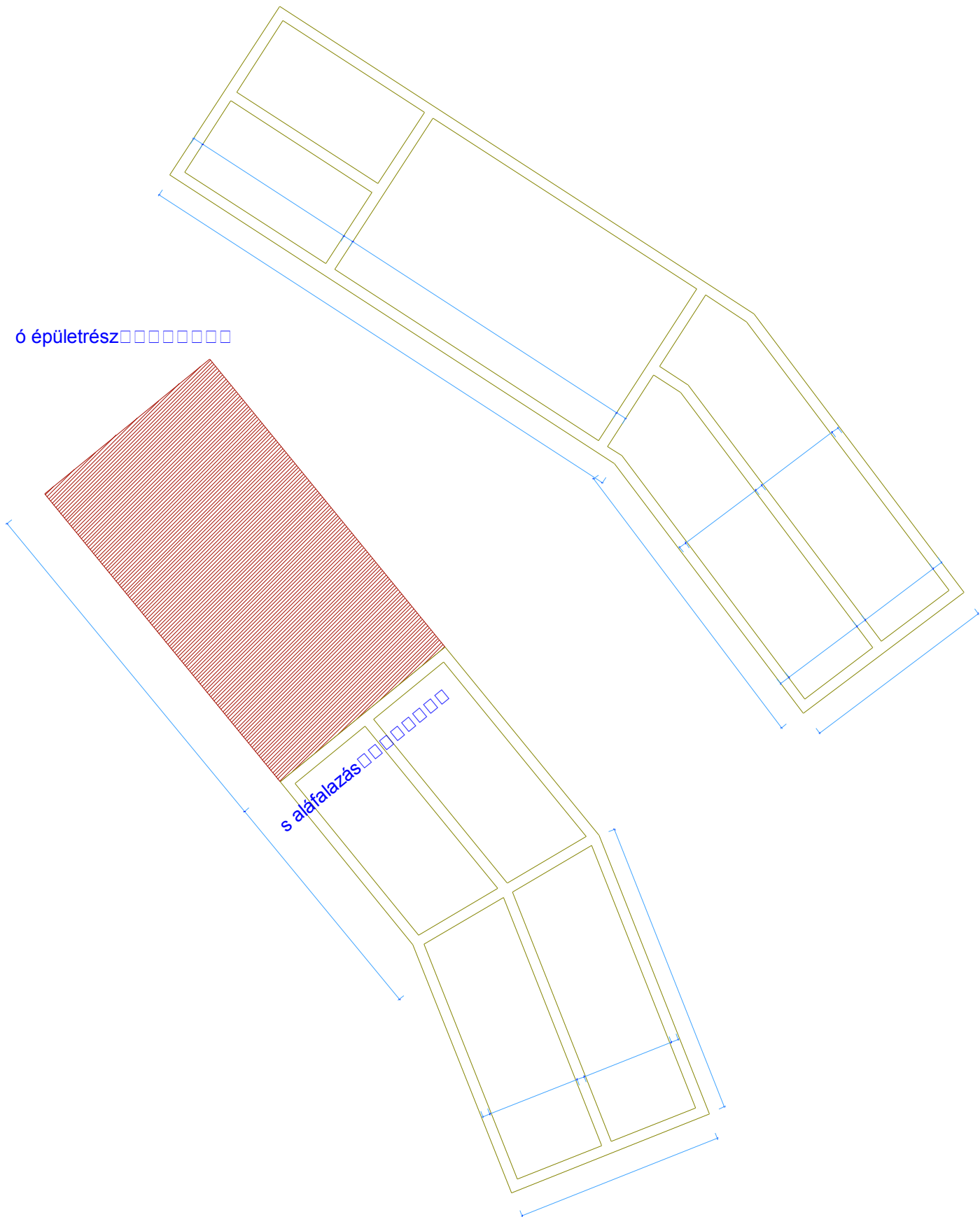
Az alapozási sík -1.05 . Anyaga C20-32KK csömöszölt beton. Erre kerül a 10 cm vastag vasbeton aljzat peremgerendája.

A régi és az új épület csatlakozásánál a régi épület alapját szakaszos aláfalazással kell levinni az új alaptest alapozási síkjáig.

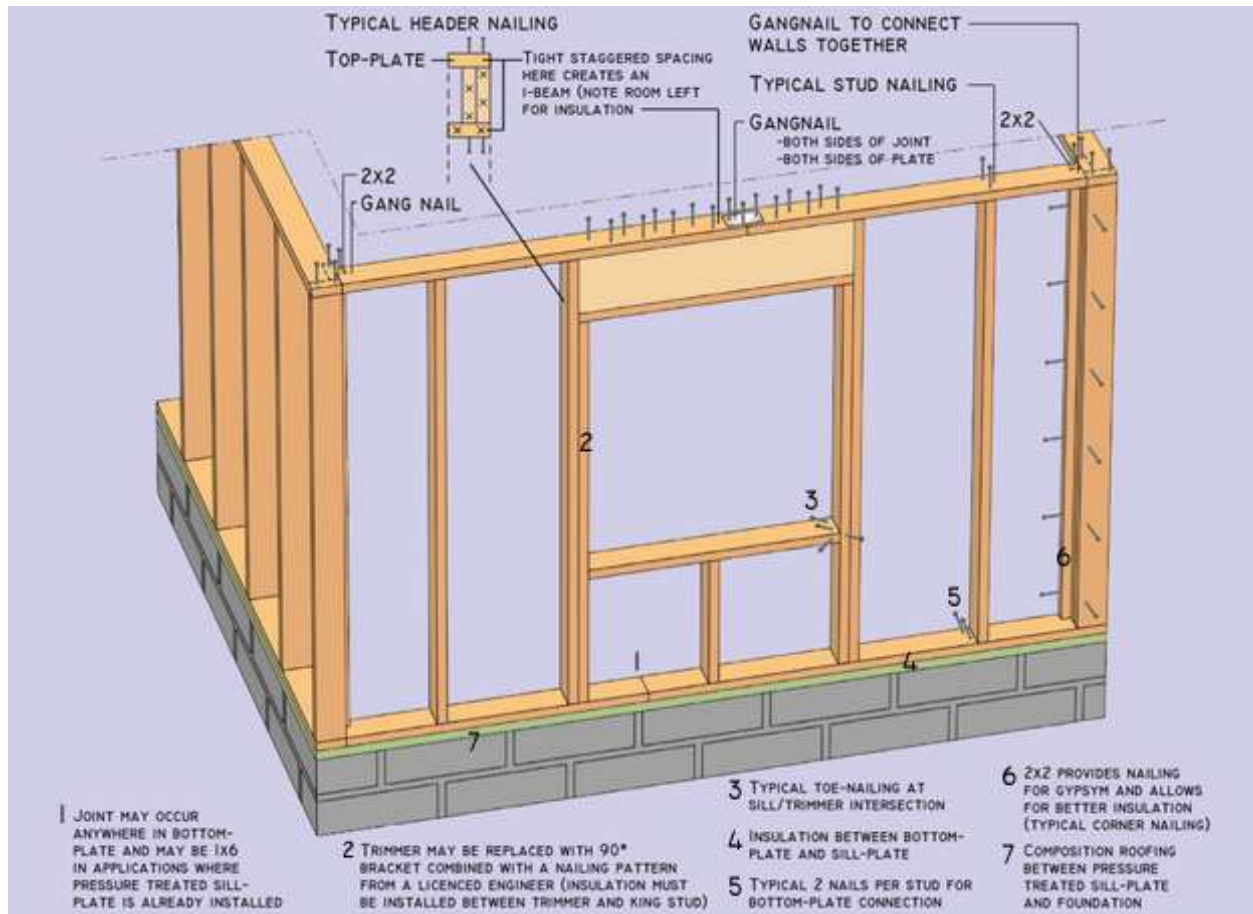


ó épületrész □□□□□□□□

s alátalazás □□□□□□□□



Földszinti falak:



A fenti ábrán láthatóak a falkeret főbb elemei, a nyílásáthidalás módja és a kapcsolóelemek: (az ábra annyiban különbözik a tervezett épülettől, hogy nem fafödemen nyugszik a földszinti padló.)

- 1: A falkeret talppallójának toldása akárhol történhet.
- 2: A nyílásáthidalásnál az oszlopot megkettőzik. Ez elsősorban az áthidaló gerenda egyszerű beszerelését és oszlopkapcsolatának biztosítását szolgálja.
- 3: A falkeret könyöklőpallójának rögzítése
- 4: Az alátétpalló és a falkeret talppallója között szigetelő-elválasztó réteg található
- 5: A talppalló szegezésének módja az alátétpallóhoz 2 szeggel
- 6: A sarkokon beépítésre kerülő plusz oszlop a belső borítást könnyíti meg, illetve a vázkitöltő hőszigetelés elhelyezését.

- A felállított falkereteket szeglemezzel vagy szegezőlemezzel rögzítik egymáshoz. (majd a koszorúpallóval is összefoják)
- Teherhordó falokban a nyílásáthidalásra az ábrán látható módon sűrű szegezéssel kvázi „I” keresztmetszetű áthidalót hoznak létre.

Háromféle méretű fal, háromféle méretű vázoszlop található a házban:

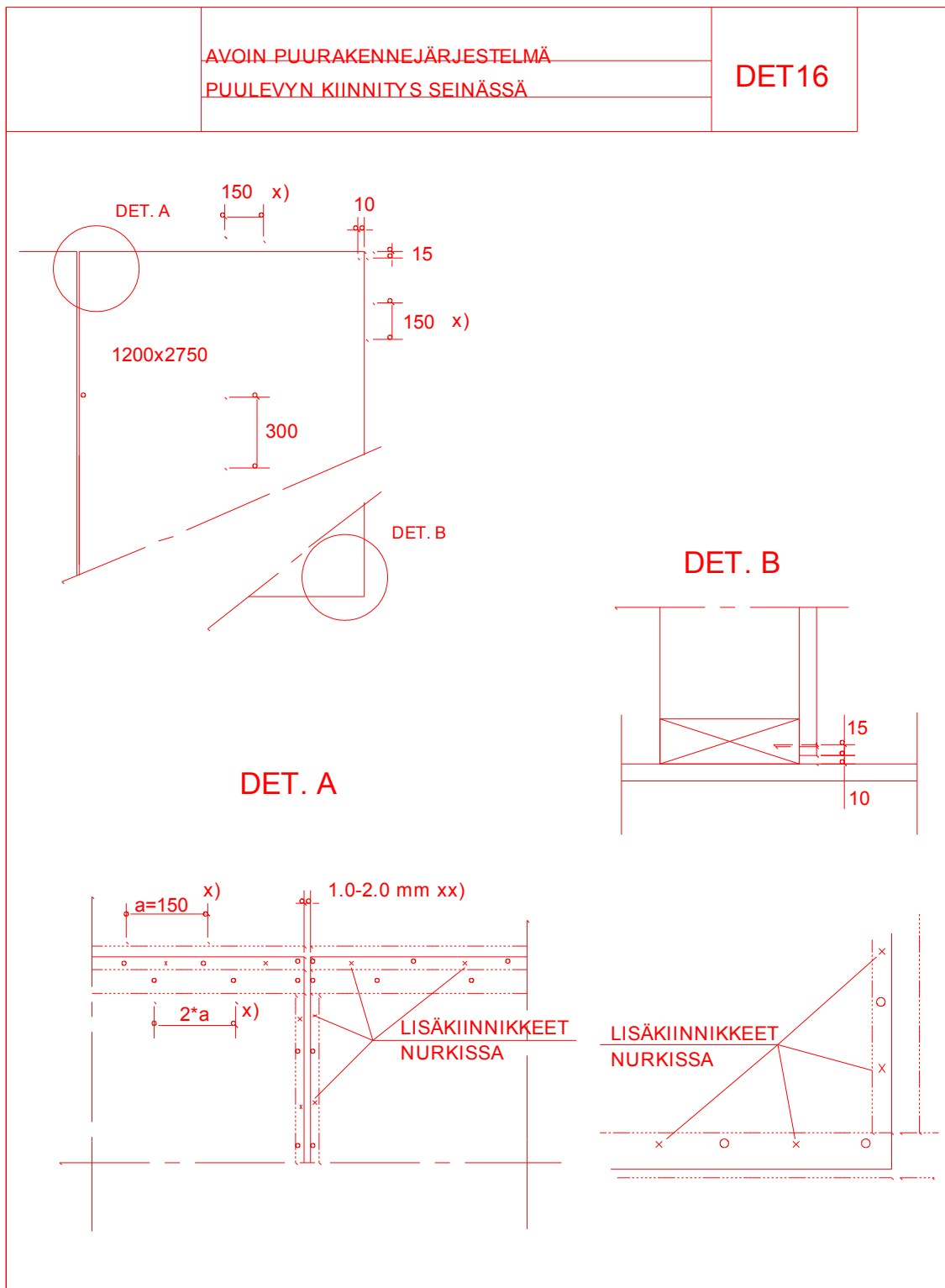
15*5 cm oszlop: Külső teherhordó fal

10*5 cm oszlop: Belső teherhordó fal

7,5*5 cm oszlop: Belső nem teherhordó válaszfal

A rétegelt lemez rögzítése:

„nyílt faépítési rendszer, falemez rögzítése a falszerkezetre”



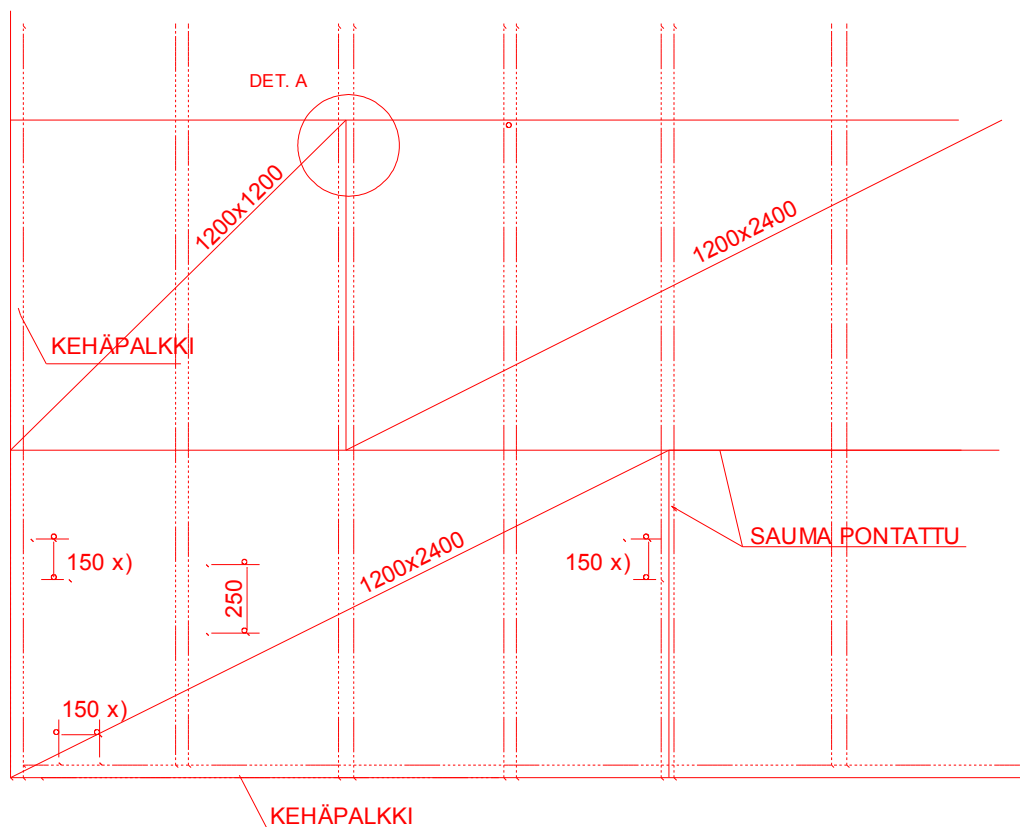
„lisäkiinnikkeet nurkissa”: kiegészítő rögzítés a sarkokon
(forrás: www.puinfo.fi)
A rétegelt lemez lapok rögzítése a vázszerkezetre:
„nyílt faépítési rendszer, padlólemez rögzítése”

AVOIN PUURAKENNEJÄRJESTELMÄ

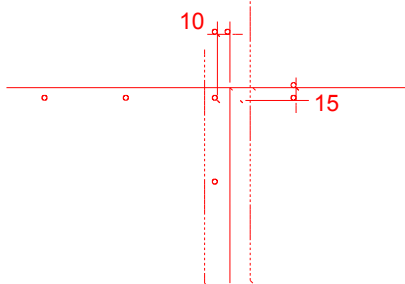
ALUSLATTIALEVYTYS

(myös yläpohjan aluskate)

DET17



DET. A



„kehäpalkki”: keretpalló
„saumapontattu”: csaphornyos illesztés

(forrás: www.puuinfo.fi)

Az épület hosszanti külső favázai között 6,40 méter a tengelytávolság, ezért szükséges belső teherhordó fal közbeiktatásával annak felezése.

A térszervezés miatt a lépcsőházban, illetve a tanári szobák előterénél áthidaló gerenda került beépítésre, rétegelt ragasztott tartóból (10x26,4 cm)

Az új épület étkező-közösségi tere esetében, illetve az öregiskola tantermében nem lehetséges a födempallók közbelső alátámasztása, itt a pallók tengelytávolságának felezése és a keresztmetszetek növelése szükséges, elsősorban azért, hogy a szerkezettel szemben támasztott alakváltozási követelményeknek megfeleljen.

A tetőszerkezet az alátámasztások miatt statikailag többszörösen határozatlan, ezért az alábbi egyszerűsítéssel történt a födémre eső terhek kiszámítása: A terhek döntő hányadát a térdfal oszlopainak adják át, a szarufák alsó rögzítése csak kevés terhet visel, számításaimnál csak a konzolos födémrész feletti terheket osztottam a szélső alátámasztásra, amely így csak kismértékben csökkenti a támaszköz maximális nyomatékát.

Emeleti födém:

5x22 cm keresztmetszetű pallókból készül, a pallókat 62,5 centiméteres tengelytávolságra helyezik. A nyomott öv kifordulását a födém kerületén végigfutó, a pallók bütűjét összefogó függőleges palló, illetve belső teherhordó falak alatti sávban a pallók között elhelyezett függőleges pallók, vagy andrás-kereszt formában a pallók közébe szegezett lécek lehetnek.

A szerkezet merevségét a vízszintes síkban a rácsavarozott 2 cm vastag rétegelt lemez biztosítja.

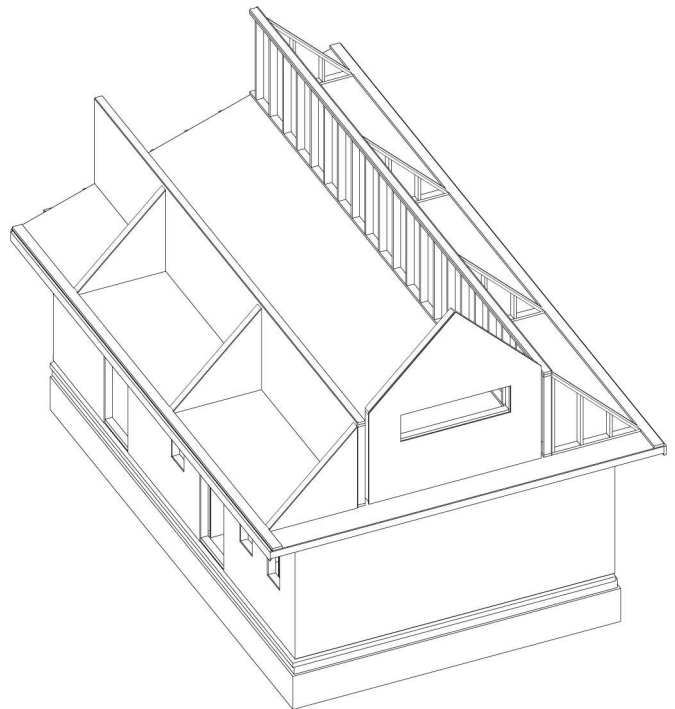
A közösségi terek felett a megfelelő teherbírás miatt szükség volt a keresztmetszet növelésére (7,5x22 cm), illetve a tengelytáv felezésére (31,2 cm)

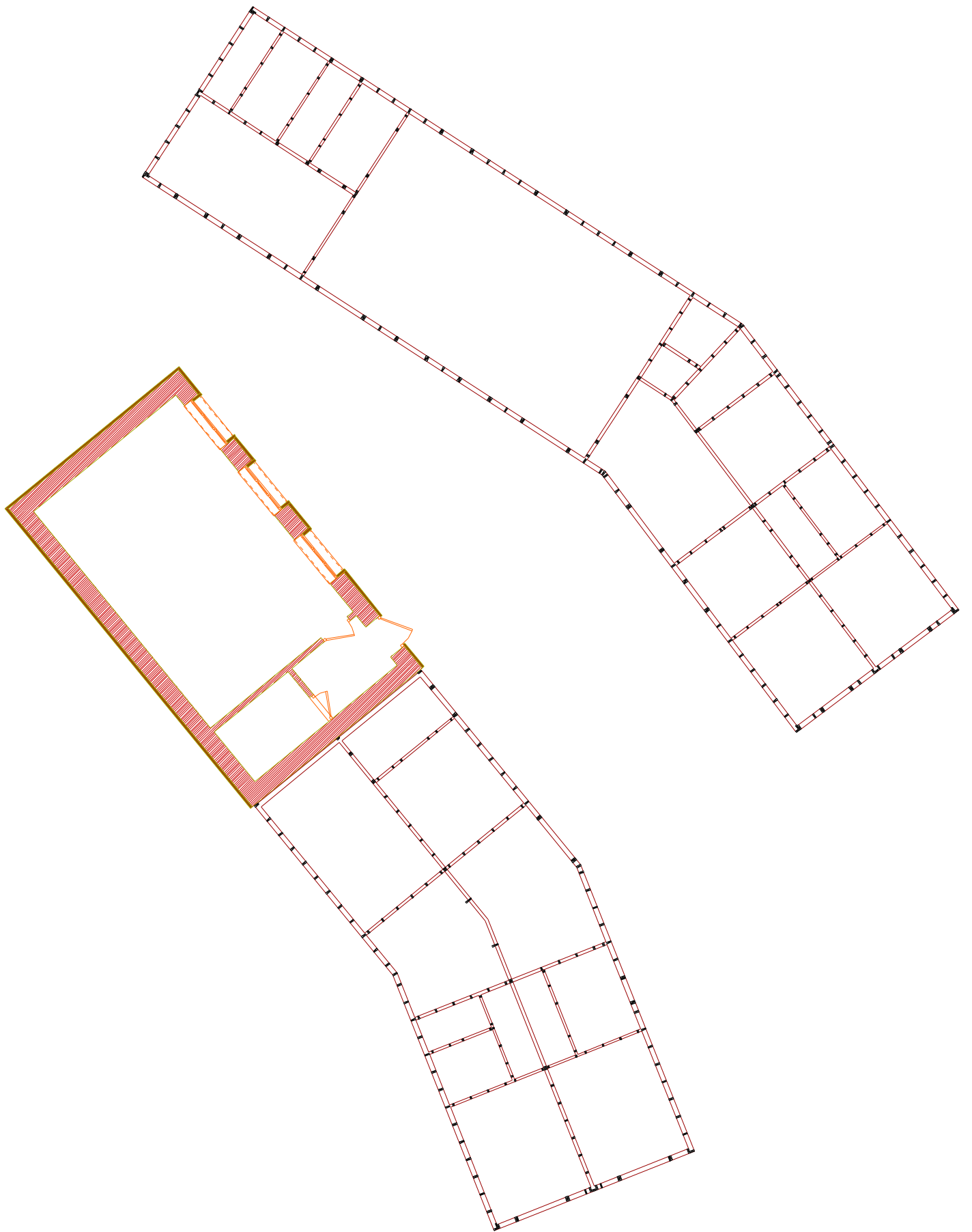
A lehajlási követelmények miatt a gerenda rétegelt-ragasztott tartó, melyet túlemeléssel készítenek el.

Tetőszerkezet:

A földszinti falvázakhoz hasonlóan készülnek a tetőtérben található térdfalak is 5x15 (hőszigetelési igény esetén) és 5x10-es oszlopokkal. A hosszanti irányban végigfutó térdfalat a bűvótérben elhelyezett keresztirányú falnyúlványok, illetve válaszfalak merevítik, így hozva létre önmagában is állékony fedélszéket.

A keresztirányú belső (nem teherhordó válaszfalak) alatt a födémgerendát meg kell kettőzni.





Földszinti falváz

Súlyelemzés:

	vastagság	súly	felület/térfog at	csökkentő tényező	összesen
T-1: tető fűtött tér felett					
hódfarkú cserépfedés			80 kg/m ²	1	80
25x50 mm cserépléc (150 mm)	0.025	650 kg/m ³		0.25	4.0625
35x50 mm ellenléc (625 mm)	0.035	650 kg/m ³		0.08	1.82
lélegző alátét fólia					
20 mm rétegelt lemez (nut-féder)	0.02	780 kg/m ³		1	15.6
150 mm lenrost hőszigetelés	0.15	100 kg/m ³		0.92	13.8
150x50 mm szarufa (625 mm)	0.15	650 kg/m ³		0.08	7.8
párazáró fólia hőtükörrrel					
50x50 mm lécezés (625 mm)	0.05	650 kg/m ³		0.08	2.6
2x12,5 mm gipszkarton	0.025	800 kg/m ³		1	20
				ferde síkban:	145.68 kg/m²
				vízszintes síkban:	205.41 kg/m²
T-2: tető fűtetlen tér felett					
hódfarkú cserép			80 kg/m ²	1	80
25x50 mm cserépléc (150 mm)	0.025	650 kg/m ³		0.25	4.0625
35x50 mm ellenléc (625 mm)	0.035	650 kg/m ³		0.08	1.82
lélegző alátét fólia					
20 mm rétegelt lemez (nut-féder)	0.02	780 kg/m ³		1	15.6
150x50 mm szarufa (625 mm)	0.15	650 kg/m ³		0.08	7.8
				ferde síkban:	109.28 kg/m²
				vízszintes síkban:	154.09 kg/m²
F-1: külső fal falfűtés nélkül					
20 mm vályogvakolat	0.02	1600 kg/m ³		1	32
rozsdamentes rabicháló					
2 rtg. stukatúrnád					
25 mm alátétdeszkázat	0.025	650 kg/m ³		1	16.25
50x50 mm ellenléc(625 mm) légréssel	0.05	650 kg/m ³		0.08	2.6
szélzáró fólia					
20 mm rétegelt lemez (nut-féder)	0.02	780 kg/m ³		1	15.6
50x150 mm faoszlop (625 mm)	0.15	650 kg/m ³		0.08	7.8
150 mm lenrost hőszigetelés	0.15	100 kg/m ³		0.92	13.8
15 mm rétegelt lemez	0.015	780 kg/m ³		1	11.7
párazáró fólia hőtükörrrel					
50x50 mm ellenléc, (625 mm)	0.05	650 kg/m ³		0.08	2.6
50 mm lenrost hőszigetelés	0.05	100 kg/m ³		0.72	3.6
2x12,5 mm gipszkarton	0.025	800 kg/m ³		1	20
glettelés, meszelés					
				függőleges síkban	125.95 kg/m²
				folyóméterenként	377.85 kg/m
F-2: térdfal falfűtés nélkül					
20 mm rétegelt lemez (nut-féder)	0.02	780 kg/m ³		1	15.6
50x150 mm faoszlop (625 mm)	0.15	650 kg/m ³		0.08	7.8
150 mm lenrost hőszigetelés	0.15	100 kg/m ³		0.92	13.8
párazáró fólia hőtükörrrel					
50x50 ellenléc (625 mm)	0.05	650 kg/m ³		0.08	2.6
50 mm lenrost hőszigetelés	0.05	100 kg/m ³		0.92	4.6
2x12,5 mm gipszkarton	0.025	800 kg/m ³		1	20

glettelés, meszelés

függőleges síkban
folyóméterenként

64.40 kg/m²
115.92 kg/m

P-3: emeleti hajópadló

meszelés, glettelés

2x12,5 mm gipszkarton burkolat

0.025 800 kg/m³

1 20

75x220 mm fődémpalló

0.22 650 kg/m³

0.12 15.6

100 mm lenrost hangszigetelés

0.1 100 kg/m³

0.88 8.8

20 mm rétegelt lemez

0.02 780 kg/m³

1 15.6

25 mm lépésálló kőzetgyapot

0.025 100 kg/m³

1 2.5

alátétpapír réteg

50x50 párnafa (800 mm)

0.05 650 kg/m³

0.06 1.95

50 mm homok feltöltés

0.05 1550 kg/m³

0.94 72.85

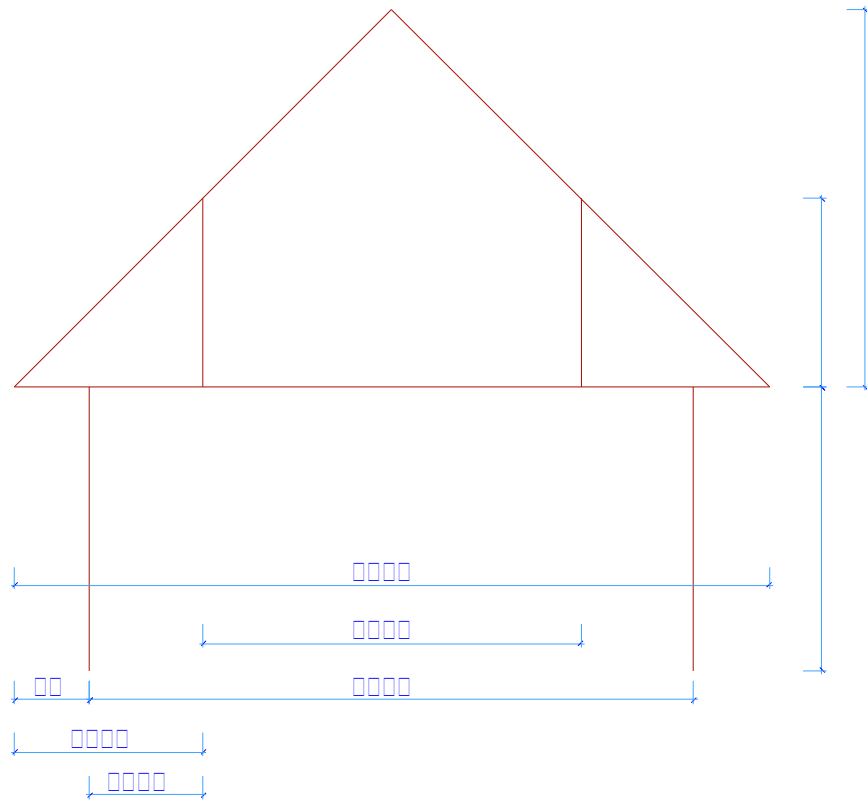
25 mm hajópadló

0.025 650 kg/m³

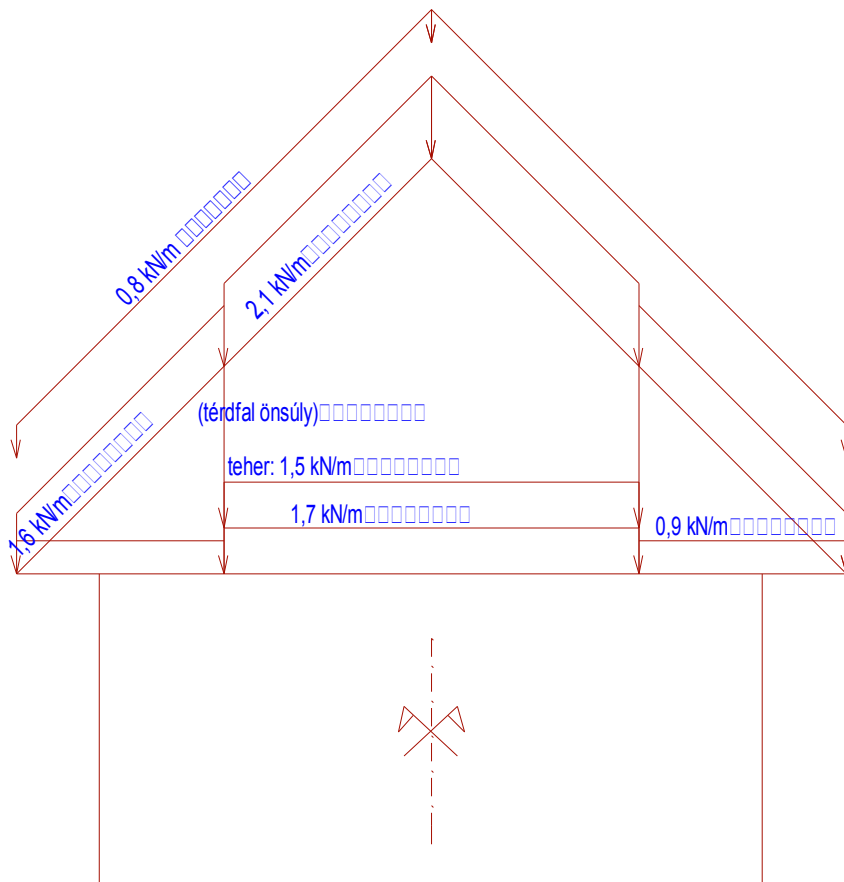
1 16.25

153.55 kg/m²

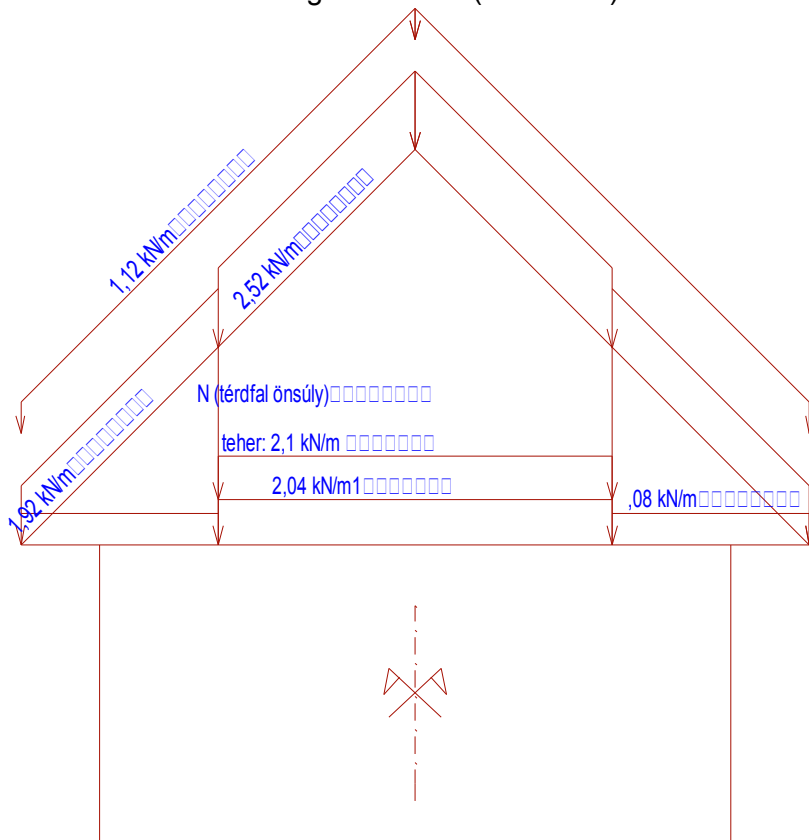
Szerkezeti méretek:



Terhek alapértékükkel (alakváltozás számítása):



Terhek biztonsági szorzóval (1.2 ill. 1.4) növelt értéke:



Mivel a szerkezet statikailag többszörösen határozatlan, ezért az alábbi egyszerűsítéssel életem a födempallók számításánál:

-A szarufa közbenső alátámasztására számoltam a szarufán a födempalló támaszköze felett fellépő terhelést, míg az eresz szakaszán jelentkező függőleges terhelést a szarufa alsó rögzítésénél adja át.

Választott anyagminőség F56 II., mely $\sigma_{Hm}=2,1 \text{ kN/cm}^2$ hajlító határfeszültségű
 $\tau_{(rt)}=5,8 \text{ kN/cm}^2$ nyíró határfeszültségű

fedett, zárt, fűtött, szellőztetett tér, nedvességtartalom $u=12\%$

Födépallók ellenőrzése nagy fesztáv esetén (étkező-közösségi tér felett)

Rövid idejű teher:

	q_a	tartós hányad	biztonsági tényező	q_m	
Hóteher:	0,8 kN/m	0	1,4		1,12 kN/m
Hasznos:	1,5 kN/m	0,5	1,4		2,1 kN/m

Közbenső alátámasztásra eső teher:

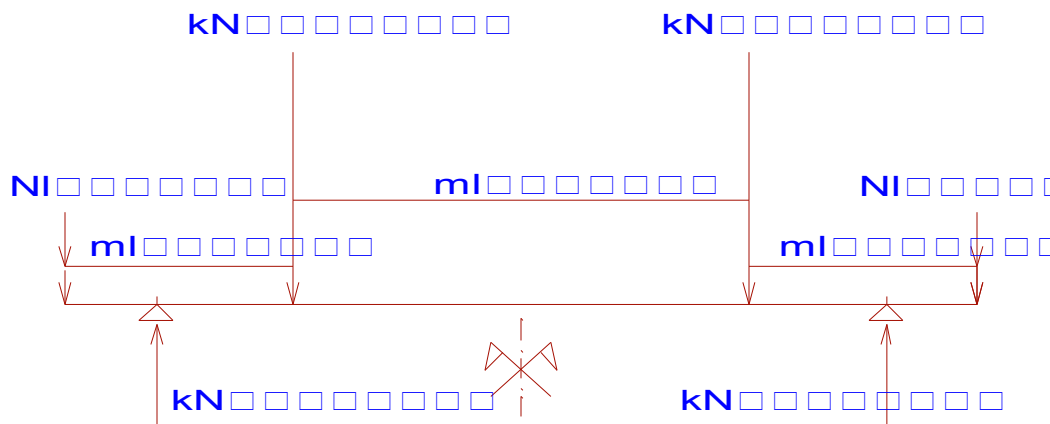
$$(2,52+1,12)*2+(1,92+1,12)*1,2+1,44 = 7,28+3,65+1,44 = 12,37 \text{ kN}$$

Szélső alátámasztásra eső teher:

$$(1,92+1,12)*0,8 = 2,43 \text{ kN}$$

A támaszerők tehát:

$$12,37+2,43+1,08*2+4,14*2 = 25,24 \text{ kN}$$



Maximális nyomaték:

$$\begin{array}{rclclclcl}
 M_{\max} & = & 2,43*4 & + & 1,08*2*1,5 & - & 25,24*3,2 & + & 12,37*2 & + & 4,14*2*1 & = \\
 & = & 9,72 & + & 3,24 & - & 80,77 & + & 24,74 & + & 8,28 & =
 \end{array}$$

$$M_{\max} = 34,79 \text{ kNm} = 3479 \text{ kNcm} \text{ 1 méteres tengelytáv esetén}$$

$$M_{\max} = 34,79/1,6 = 2173 \text{ kNcm} \text{ 0,625 méteres tengelytáv esetén}$$

$$M_{\max} = 2173/2 = 1086 \text{ kNcm} \text{ 0,312 méteres tengelytáv esetén}$$

Maximális nyírórő:

$$T_{\max, \text{rövid}} = 25,24 \text{ kN}$$

1 méteres tengelytáv esetén

$$T_{\max, \text{rövid}} = 7,89 \text{ kN}$$

0,312 méteres tengelytáv esetén

Tartós teher:

	q_a	tartós hányad	biztonsági tényező	q_m	
Hóteher:	0,8 kN/m	0	1,4		1,12 kN/m
Hasznos:	1,5 kN/m	0,5	1,4		2,1 kN/m

Közberső alátámasztásra eső teher:

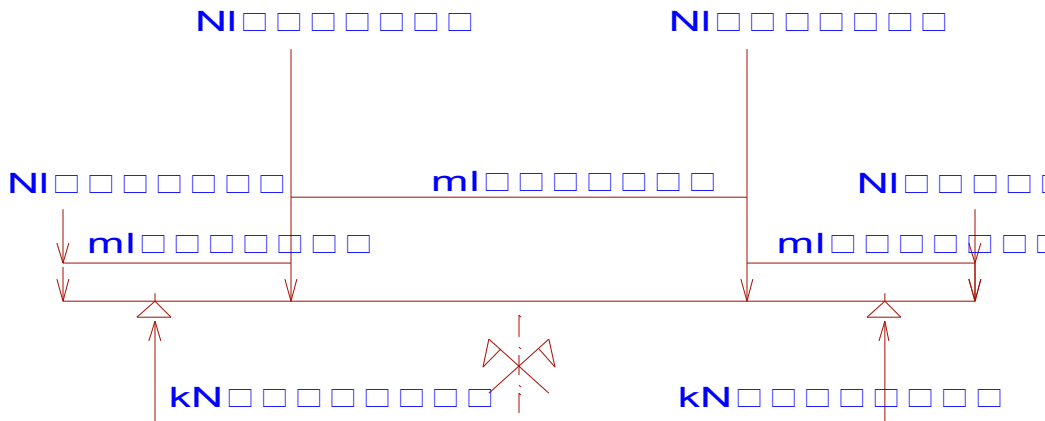
$$(2,52+0)*2+(1,92+0)*1,2+1,44 = 5,04+2,3+1,44 = 8,78 \text{ kN}$$

Szélső alátámasztásra eső teher:

$$(1,92+0)*0,8 = 1,54 \text{ kN}$$

A támaszerők tehát:

$$8,78+1,54+1,08*2+2,79*2 = 18,06 \text{ kN}$$



Maximális nyomaték:

$$M_{\max} = 1,54*4 + 1,08*2*1,5 - 18,06*3,2 + 8,78*2 + 2,79*2*1 = 6,16 + 3,24 - 57,79 + 17,56 + 5,58 =$$

$$M_{\max} = 2525 \text{ kNm} = 2525 \text{ kNcm} \quad \text{1 méteres tengelytáv esetén}$$

$$M_{\max} = 2525/1,6 = 1578 \text{ kNcm} \quad \text{0,625 méteres tengelytáv esetén}$$

$$M_{\max} = 2525/2 = 789 \text{ kNcm} \quad \text{0,312 méteres tengelytáv esetén}$$

Maximális nyíróerő:

$$T_{\max, \text{tartós}} = 18,06 \text{ kN} \quad \text{1 méteres tengelytáv esetén}$$

$$T_{\max, \text{tartós}} = 5,64 \text{ kN} \quad \text{0,312 méteres tengelytáv esetén}$$

Hajlítás:

Választott keresztmetszet: 7,5x22 cm-es födémgerenda 0,312 méteres tengelytávval
 $W_x = 7,5 \cdot 22^2 / 6 = 605 \text{ cm}^3$

Rövid idejű teher esetén:

$$M_{h,r\ddot{o}vid} = W_x \cdot \sigma_{H,m} = 605 \cdot 2,1 = \underline{1270,5 \text{ kNcm}} > 1086 \text{ kNcm megfelel!}$$

Tartós teher esetén:

$$M_{h,r\ddot{o}vid} = W_x \cdot \sigma_{H,m} \cdot 0,8 = 605 \cdot 2,1 \cdot 0,8 = \underline{1016,4 \text{ kNcm}} > 789 \text{ kNcm megfelel!}$$

Nyírás:

$$T_{\max,r\ddot{o}vid} = 7,89 \text{ kN}$$

$$T_{\max,tart\ddot{o}s} = 5,64 \text{ kN}$$

$5,64 / 7,89 = 0,71 < 0,8$ tehát a rövid idejű teher a mértékadó

$$\begin{aligned} \tau_{\max,r\ddot{o}vid} &= 1,5 \cdot T_{\max,r\ddot{o}vid} / (b \cdot h) = \\ &= 1,5 \cdot 7,89 / (7,5 \cdot 22) = 11,83 / 165 = \underline{0,071 \text{ kN/cm}^2} > 0,2 \text{ kN/cm}^2 \text{ megfelel} \end{aligned}$$

Kifordulás:

kitámasztás min. 2 méterenként

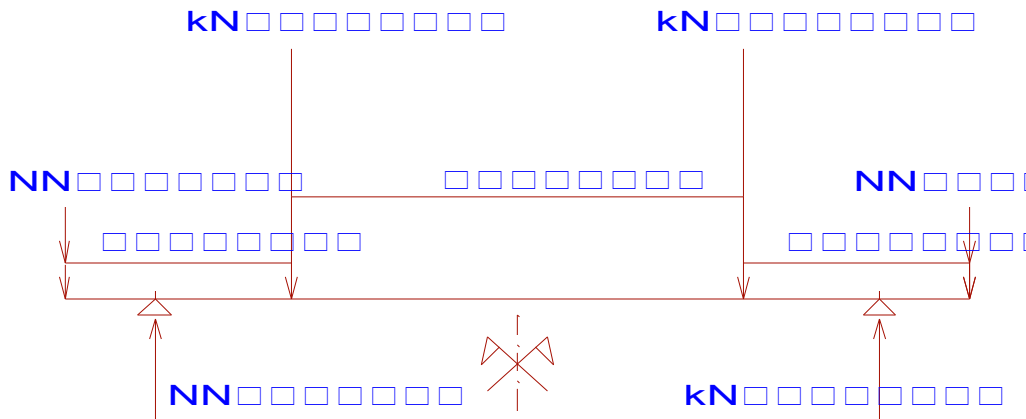
$$(l/b) \cdot (h/b) = (200 / 7,5) \cdot (22 / 7,5) = 26,67 \cdot 2,93 = 78,22 < 120, \text{ tehát nem kell vizsgálni}$$

Lehajlás:

$l/h=6,4/0,22=29,09 > 10$ (tömör keresztmetszetű tartó)
tehát a nyírási alakváltozást nem kell számolni!

a hajlítási alakváltozás képleteinek forrása:

Sárközi Zoltán: Műszaki táblázatok és képletek (Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1977)



Közbenső alátámasztásra eső teher:

$$(2,1+0,8)*2+(1,6+0,8)*1,2+1,6= 5,8+2,88+1,6= 10,28 \text{ kN}$$

Szükség alátámasztásra eső teher:

$$(1,6+0,8)*0,8= 1,92 \text{ kN}$$

A támaszerők tehát:

$$10,28+1,92+0,9*2+3,2*2=20,4 \text{ kN}$$

mindez 1 méter széles terhelő mező esetén igaz.

Mivel a választott szerkezet: 7,5x22 cm rétegelt-ragasztott tartó 31,2 centiméteres tengelytávval.

$$I=7,5*22^3/12=6566 \text{ cm}^4$$

$$E=1200 \text{ kN/cm}^2$$

$$\varphi_1=0,67 \text{ (12\% nedvességtartalom, 50 év tervezett élettartam)}$$

Tartós teher 1 m széles terhelő mező esetén:

	q_a	tartós hányad
Hóteher:	0,8 kN/m	0
Hasznos:	1,5 kN/m	0,5

Tartós teher 0,312 m széles terhelő mező esetén:

	q_a	tartós hányad	rövid idejű terhelés
Hóteher:	0,25 kN/m	0	0 kN/m
Hasznos:	0,47 kN/m	0,5	0,23 kN/m

$$F_{\text{rövid}}= 3,21 \text{ kN}$$

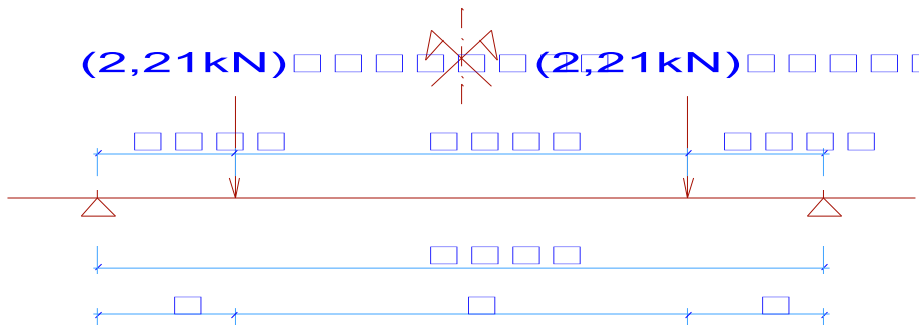
$$F_{\text{tartós}}=F_{\text{rövid}}-0,25*4=2,21 \text{ kN}$$

$$q_{1,\text{rövid}}=0,28 \text{ kN/m}$$

$$q_{2,\text{rövid}}=0,72 \text{ kN/m}$$

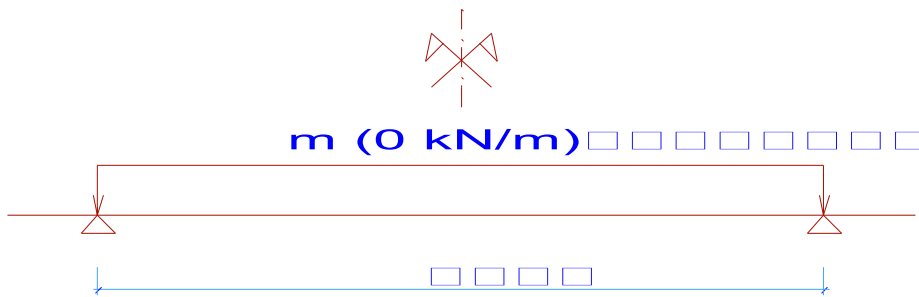
$$q_{2,\text{tartós}}=q_{2,\text{rövid}}-0,47=0,25 \text{ kN/m}$$

a terheléseket konzolok elhanyagolásával az alábbiak szerint bonthatjuk fel:



$$f_{F=1} = a(8a^2 + 12ab + 3b^2) / (24 * I * E) = 120(8 * 120^2 + 12 * 120 * 400 + 3 * 400^2) / (24 * 6566 * 1200) = 120(115200 + 576000 + 480000) / (281232000) = 120 * 1171200 / 189100800 = 0,74322 \text{ cm}$$

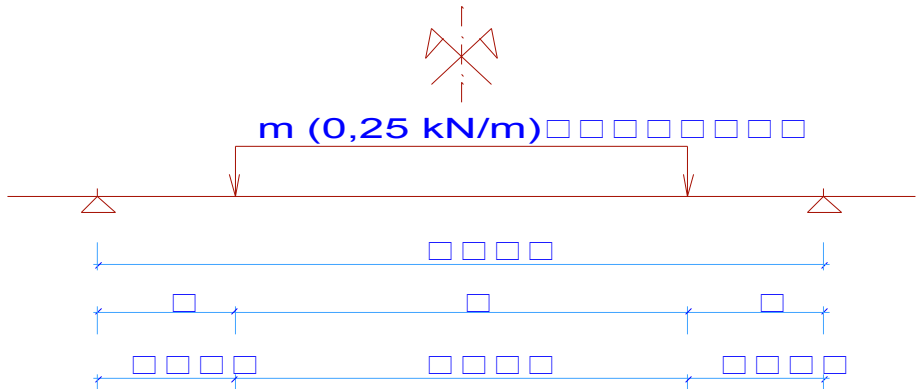
$$f_F = (1 + \varphi_1) * f_{\text{tartós}} + f_{\text{rövid}} = (1 + 0,67) * f_{F=1} * F_{\text{tartós}} + f_{F=1} * F_{\text{rövid}} = (1,67 * 2,21 + 3,21) * 0,74322 = 6,9007 * 0,4997 = 5,12 \text{ cm}$$



$$f_{q=1} = 5 * l^4 / (384 * I * E) = 5 * 640^4 / (384 * 6566 * 1200 * 100) = 2,77 \text{ cm}$$

$\varphi_1 = 0,67$ (12% nedvességtartalom, 50 év tervezett élettartam)

$$f_{q1} = (1 + \varphi_1) * f_{\text{tartós}} + f_{\text{rövid}} = (1 + 0,67) * f_{q=1} * q_{\text{tartós}} = (1,67 * 0,28) * 2,77 = 1,296 \text{ cm}$$



$$f_{q=1} = 4 * l^3 / ((48 + (29 - b) / l) * I * E) = 4 * 6,4^3 * 10^6 / ((48 + (29 - 4) / 6,4) * 6566 * 1200) = 760296796,9 = 2,563 \text{ cm}$$

$$f_{q2} = (1,67 * 0,25 + 0,72) * 2,563 = 2,916 \text{ cm}$$

$f_{\text{max}} = f_{q1} + f_{q2} + f_F = 5,12 + 1,296 + 2,916 = 9,33 \text{ cm} > l / 150 = 640 / 150 = 4,267 \text{ cm}$ nem felel meg, tehát a tartót túlemeléssel kell legyártani

Központosan nyomott oszlop ellenőrzése a közösségi tér nagyobb fesztávú földéme alatt:



1 méter széles sáv terhe 25,24 kN
62,5 cm széles sáv terhe 15,77 kN (egy oszlopra eső teher)

fal önsúlya: 3,8 kN/fm
62,5 cm széles fal önsúlya: 2,37 kN

Összesen: $F = 15,77 + 2,37 = 18,14$ kN

$i = 0,29 \cdot b = 0,29 \cdot 5 = 1,45$ cm

a szintmagasság felét véve kihajlási hosszak (az oszlopköz felénél vízszintes palló(5x15) kerül beépítésre elsősorban tűzvédelmi szempontból)

$\lambda = s_k / i = 150 / 1,45 = 103,44$

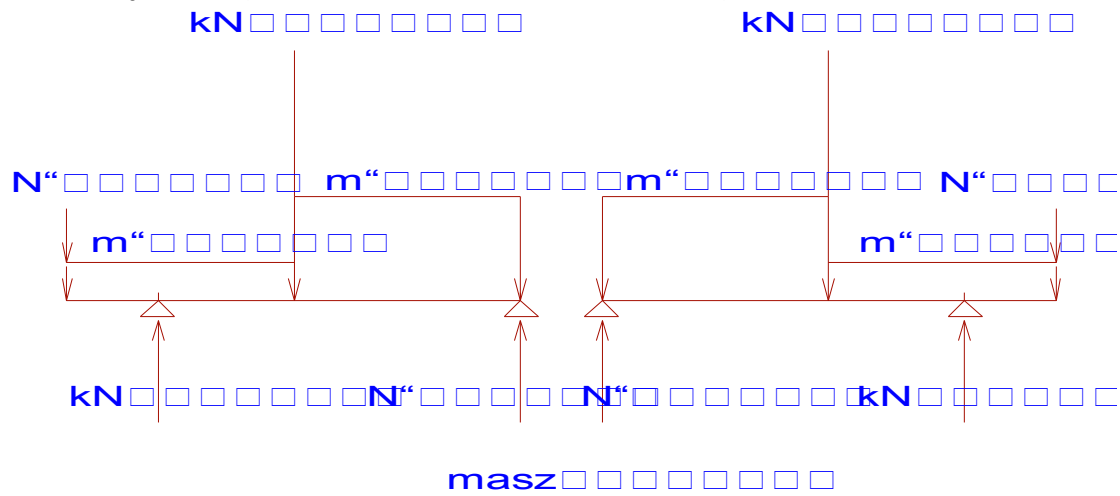
$\varphi = 0,31$

$F_{\max} = \varphi \cdot A \cdot \sigma_{Hm} = 0,31 \cdot 5 \cdot 15 \cdot 2,1 = \underline{48,82 \text{ kN}} \gg 18,14 \text{ kN}$ megfelel

Födémgerenda a középső teherhordó fal esetén:

Feltételezve, hogy a födempallók toldhatóak a belső főfal felett, (így egyszerűbb és olcsóbb a kivitelezés), kéttámaszú tartókkal számolhatunk:

Rövid idejű teher (1 méter széles terhelő mező esetén) :



$$M_a = 0$$

$$2,43 \cdot 0,8 - 1,08 \cdot 2 \cdot 0,2 - 12,27 \cdot 1,2 - 4,14 \cdot 2 \cdot 2,2 + F_B \cdot 3,2 = 0$$

$$F_B = (-1,94 + 0,43 + 14,72 + 18,21) / 3,2 = 31,42 / 3,2 = 9,82 \text{ (kN)}$$

$$\Sigma F_v = 0$$

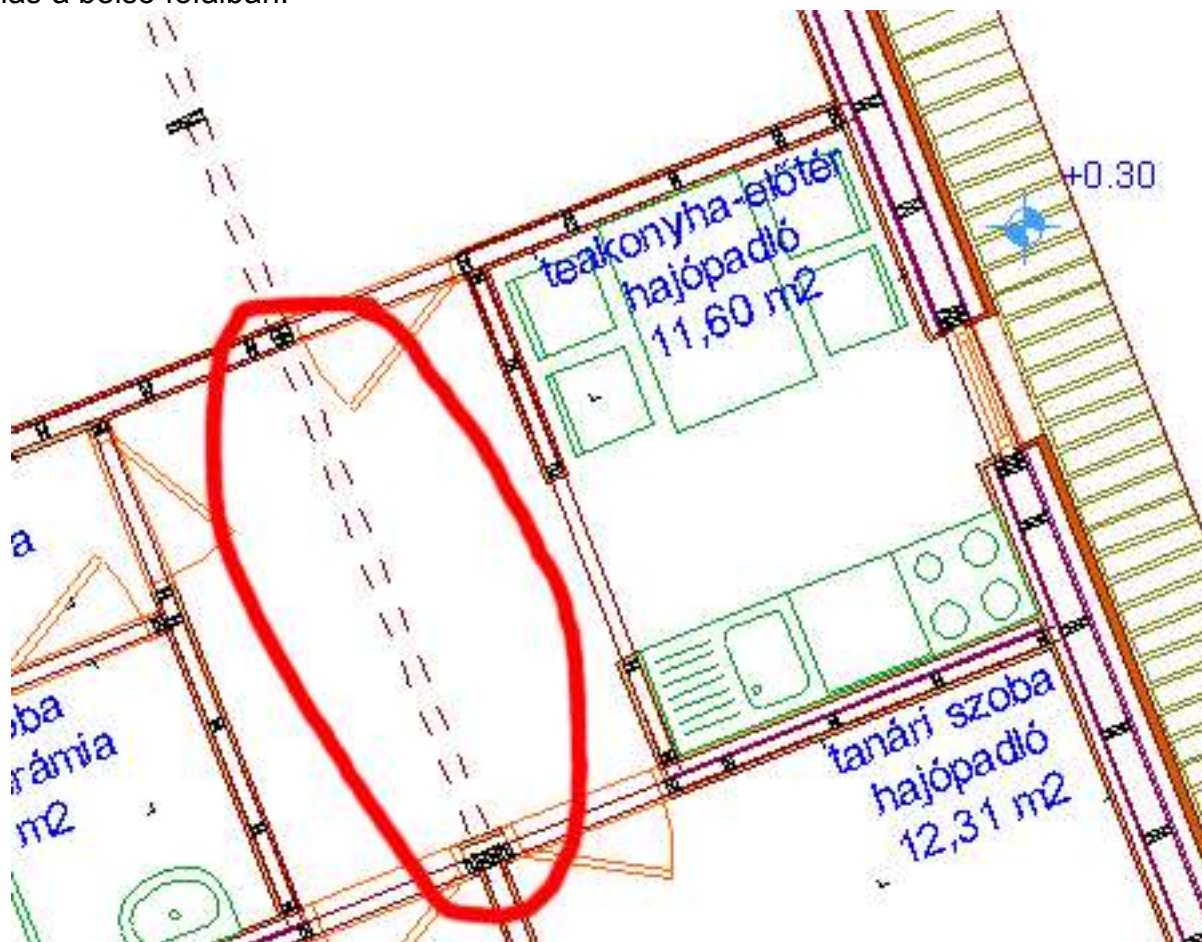
$$F_A = 2,43 + 1,08 \cdot 2 + 12,37 + 4,14 \cdot 2 - 9,82 = 15,42 \text{ (kN)}$$

Tehát a belső támaszra eső teher

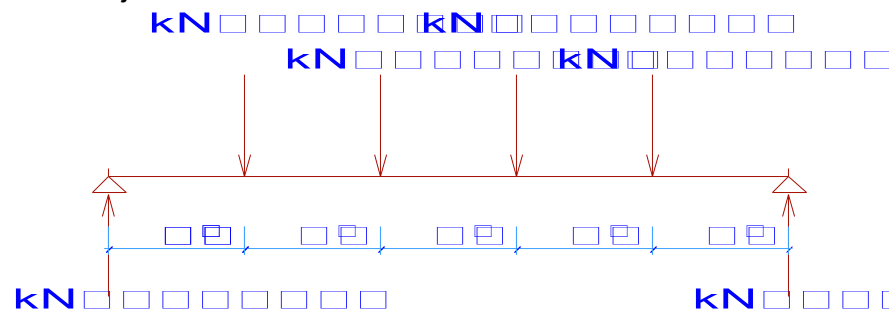
$$\Sigma B = 9,82 \cdot 2 = 19,64 \text{ kN (1 méter széles mező)}$$

$$\Sigma B = 9,82 \cdot 2 / 1,6 = 12,27 \text{ kN (1 méter széles mező)}$$

Áthidalás a belső főfalban:



rövid idejű teher:



26,4 cm (12*2,2cm) magas, 10 cm széles rétegelt ragasztott tartó esetén:

Hajlítás:

$$M_{\max} = -1,562 \cdot (36,81 - 12,27) + 0,937 \cdot 12,27 + 0,312 \cdot 12,27 = -38,33 + 11,49 + 3,83 = -23,01 \text{ kNm} = -2301 \text{ kNcm}$$

$$M_{n,\text{rövid}} = W_x \cdot \sigma_{H,m} = 1161,6 \cdot 2,1 = \mathbf{2439 \text{ kNcm} > 2301 \text{ kNcm megfelel!}$$

Nyírás:

$$T_{\max,\text{rövid}} = 36,81 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max,\text{rövid}} = 1,5 \cdot T_{\max,\text{rövid}} / (b \cdot h) = 1,5 \cdot 24,54 / (10 \cdot 26,4) = 55,215 / 330 = \mathbf{0,139 \text{ kN/cm}^2 > 0,2 \text{ kN/cm}^2 \text{ megfelel}$$

Lehajlás: $l/h = 312,5 / 26,4 = 11,83 < 12$ tehát nem kell lehajlással számolni.