УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ
ГРАЂЕВИНСКИ ОДСЈЕК

РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ ИНСТАЛИСАНЕ СНАГЕ 300 MW

МАСТЕР РАД

МЕНТОР: **КАНДИДАТ:**

Проф. др Мато Уљаревић **Бојан Зеленковић 02МГР/2016**

БАЊА ЛУКА, 2017

UNIVERSITY OF BANJA LUKA
FACULTY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

COOLING TOWER OF THE TERMO POWER PLANT WITH INSTALLED POWER OF 300 MW

MASTER'S THESIS

MENTOR:
Prof. dr Mato Uljarević

CANDIDATE:
Bojan Zelenković 02MGR/2016

BANJA LUKA, 2017

Информације о ментору и мастер раду

Ментор: Проф. др Мато Уљаревић

Наслов мастер рада: "Расхладни торањ термоелектране инсталисане снаге 300 MW"

Резиме: Расхладни торњеви представњају веома скупе конструкције које се налазе у склопу енергетских објеката. То су конструкције које се најчешће изводе од армираног бетона. У потрази за оптималнијим рјешењем извршен је прорачун расхладног торња са плаштом од мреже преднапрегнутих ужади. Ради могућности поређења резултата као полазна основа узет је расхладни торањ ТЕ Угљевик и на основу његових геометријских карактерстика извршено је пројетовање новог расхладног торња са плаштом од мреже преднапрегнутих ужади. Прорачун је извршен примјеном програма Tower 6. Прорачуном је обухваћено димензионисање основих елемента конструкције.На основу добијених резултата, приказан је предмјер количина радова за обје врсте расхладних торњева. На крају рада дат је закључак о предностима и манама расхладног торња са плаштом од мреже преднапрегнутих ужади.

Кључне ријечи: расхладни торањ, јарбол, мрежа од ужади, уже, притиснути прстен

Научна област: Бетонске конструкције

Научно поље: Техничке науке - грађевинарство

Класификациона ознакапрема CERIF шифрарнику: T220

Тип одбране лиценце Креативне заједнице (Creative Commons): CC BY-NC-ND

(Ауторство - некомерцијално - без прерада)

Information about mentor and master's thesis

Mentor: Prof. dr Mato Uljarević

Title of masters thesis: "Cooling tower of the termo power plant with installed power of 300 MW"

Abstract: Cooling tower represent very expensive construction which are part of the energy facilities.These are structures that are the most often made of reinforcement concrete. In research of an optimum solution, calculation of cable net cooling tower are executed. In order to compare the results, the cooling tower of the TPP Ugljevik was taken as the starting point, and on the basis of its geometric chatracteristics, a calculation of new cooling tower with cable net skin are executed. Calucation was executed using Tower 6 program. The calculations include the dimensioning of the basic elements of the structure. On the basis of the obtained results, the scope of works for both types of cooling tower is presented. The conclusion about advantages and disadvantages of cooling tower with cabe net skin is presented at the end of this paper.

Key words: cooling tower, mast, cable net, cable, compression ring

Scientific area: Civil Engineering - Concrete structures

Classification Code according CERIF code book: T220

Type selected license Creative Commons: CC BY-NC-ND

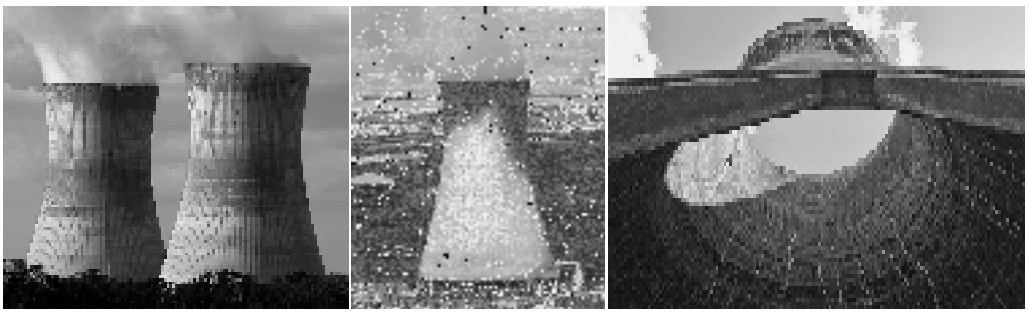
Садржај:

1. Увод ... 1
1.1. Облици расхладних торњева ... 2
1.2. Елементи класичних расхладних торњева ... 2
1.3. Испуна унутар прскалишта ... 3
1.4. Диспозиција расхладог торња ... 4
2. Дејства на расхладне торњеве ... 6
2.1. Стална дејства ... 6
2.2. Дејство вјетра ... 6
2.3. Сеизмичка дејства ... 8
2.4. Температурна дејства ... 9
2.5. Остала дејства ... 9
2.6. Прорачунске ситуације ... 10
3. Извођење расхладних торњева ... 10
4. Расхладни торњеви са плаштом од мрежасте конструкције састављене од челичних ужади ... 13
4.1. Опис и понашање под оптерећењем ... 13
4.2. Приказ првог расхладног торња са мрежастом конструкцијом од ужади ... 15
5. Прорачун расхладног торња са плаштом састављеним од мрежасте конструкције саствљење од ужади ... 19
5.1. Технички опис конструкције ... 19
5.1.1. Пројектни задатак ... 19
5.1.2. Опис локације на којој се налази објекат ... 19
5.1.3. Опис конструкције ... 19
5.1.4. Статички прорачун ... 21
5.1.5. Извођење објекта и монтажа ... 21
5.2. Анализа оптерећења ... 22
5.2.1. Оптерећење од облоге ... 22
5.2.2. Оптерећење на зид водосабирног базена ... 23
5.2.3. Оптерећење на темељну плочу ... 23
5.2.4. Оптерећење вјетром ... 24
5.2.5. Температурни утицаји ... 30
5.2.6. Утицаји снијега и леда ... 30
5.2.7. Оптерећење плоче на врху стуба ... 31

5.3. Статички утицаји и димензионисање 32
5.3.1. Димензионисање бетонских и челичних елемената конструкције примјеном програма "Tower 6" 32
5.3.2. Димензионисање ужади 143
5.3.3. Димензионисање јарбола 146
5.3.4. Димензионисање кратког елемента на врху јарбола 148
5.3.5. Сила преднапрезања 149
5.4. Предмјер и предрачун радова 150
5.4.1. Конвенционално рјешењеса плаштом од армираног бетона 150
5.4.2. Рјешење са плаштом од мреже преднапрегнутих ужади 151
6. Закључак 154
Литература 155
Графички прилози 156
О аутору 166

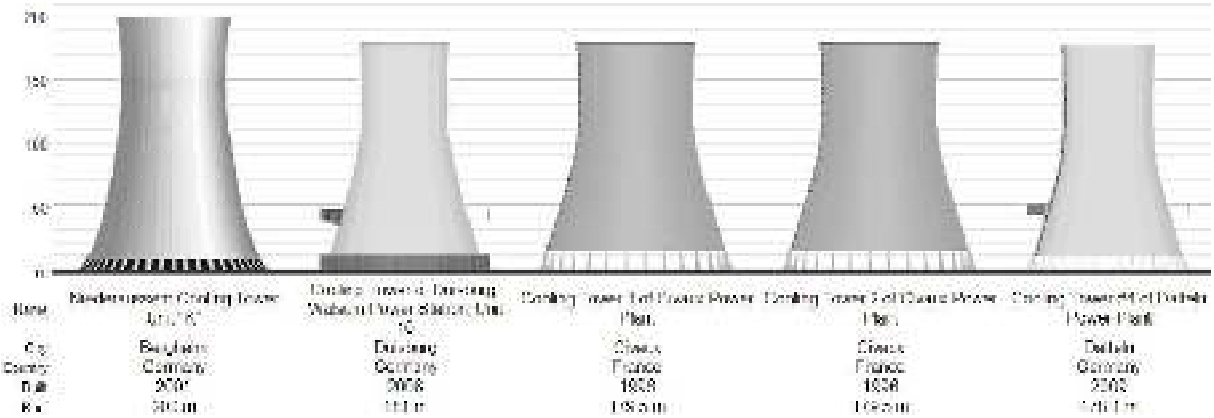
1. Увод

Расхладни торњеви (Слика 1) су високи, најчешће армиранобетонски објекти намијењени хлађењу воде. Велика индустријска постројења, посебно термоелектране и нуклеарне електране, али и металуршка постројења у хемијској индустрији и слично томе, у свом технолошком процесу, као један од нус-производа дају велике количине воде загријане на високе температуре. Тако загријана вода нити може бити искоришћена поново у производном процесу нити смије бити испуштена у природну околину (еколошки разлози). Указује се потреба за изградњом великих затворених система за расхлађивање воде [1].



Слика 1: Расхладни торањ [1]

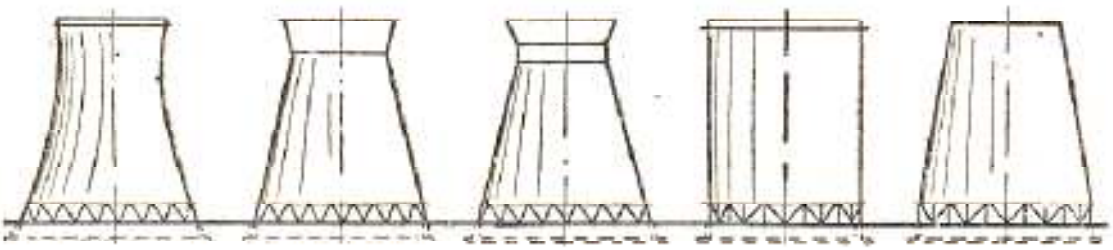
Расхладни торњеви са директним контактом ваздуха и воде, уз природно или помогнуто струјање ваздуха, се јављају као најефикаснија рјешења. Предности оваквих система у односу на алтернативне (затворени, суви, без директног контакта ваздуха и воде) леже у ниским трошковима експлоатације, великој ефикасности хлађења, те у практично потпуној еколошкој прихватљивости. Са друге стране, ово су изузетно велике и скупе конструкције: у пречнику могу бити веће од 100 m, а висине уобичајено 100 до 150 m. Највиши расхладни торњеви иду и до висине од 200 m (Слика 2) [1].



Слика 2: Највиши расхладни торњеви на свијету [1]

1.1. Облици расхладних торњева

Облици расхладних торњева могу бити разни, у форми цилиндара, конуса, изломљених љуски (најчешће двије конусне љуске или двије конусне љуске са цилиндричним дијелом између) (Слика 3). Показало се да је расхладни торањ облика ротационог хиперболоида најповољнији са технолошког и конструкторског становишта [2].

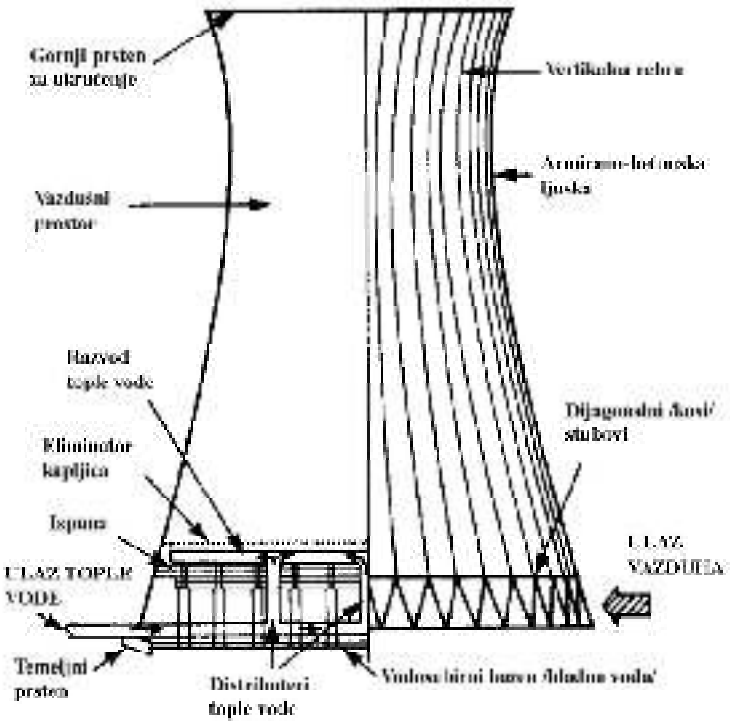


Слика 3: Облици расхладних торњева [2]

1.2. Елементи класичних расхладних торњева

Начелно, вода се у расхладном торњу хлади у контакту са хладним ваздухом и скупља се у сабирном базену (Слика 4). Како би се обезбиједила велика ефикасност хлађења, загријана вода се распршује у ситне честице. Што је већа површина распршивања, већа је и ефикасност хлађења. Ваздух се одржава хладним тиме што је обезбијеђено његово непрекидно вертикално струјање. Висина торња обезбјеђује довољну разлику у притиску ваздуха у дну и на врху да постоји стално јако струјање ваздуха навише. Тако, расхладни торањ "увлачи" ваздух кроз пропусну доњу ослоначку конструкцију и усмјерава га навише, ка горњем отвору, Плашт торња у облику ротационог хиперболоида, најчешће, обезбјеђује оптималне промјене брзине струјања ваздуха у вертикалном правцу. Осим природног, струјање ваздуха може бити помогнуто системима за принудно струјање (вентилатори), када се димензије торња могу редуковати. Топла вода се до торња допрема цијевима великог попречног пресјека[1] (често и преко 5 m). Ова цијев је лоцирана у оси торња и рачва се на неколико вертикалних цијеви (дистрибутери топле воде). Ове су повезане системом канала у којима се налазе мање цијеви (развод топле воде), а на крајевима ових посљедњих се налазе прскалице за распршивање воде у ситне честице [1].

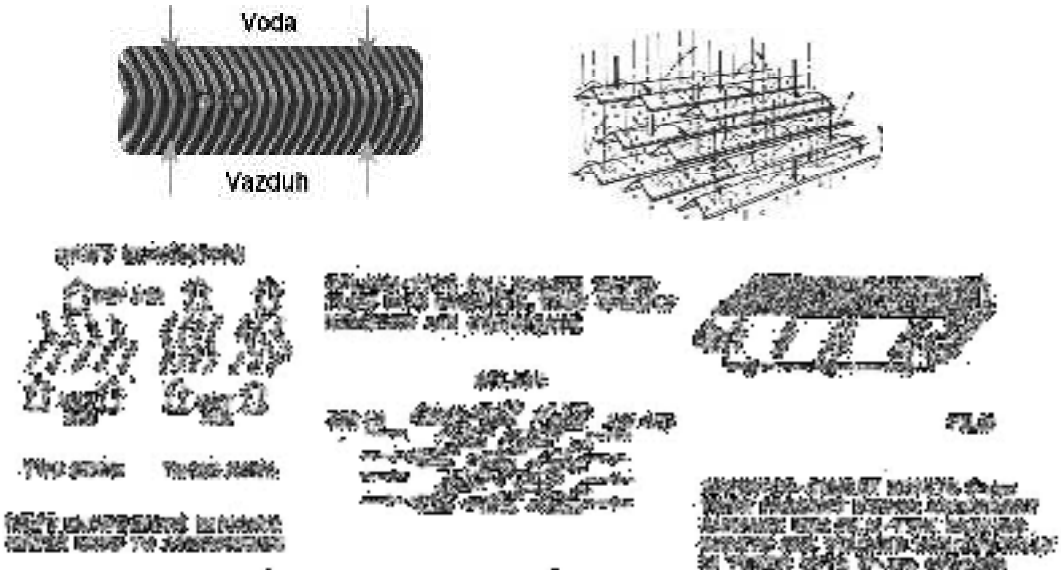
[1]Ријеч је о потребама за расхлађивање изузетно великих количина воде, и до 2500 m^3/min. Примјера ради, за производњу 1kWh електричне енергије потребно је између 130 литара (термоелектране) и 200 литара (нуклеарне електране) воде за хлађење (кондензатора).



Слика 4: Елементи расхладног торња [1]

1.3. Испуна унутар прскалишта

Испод развода топле воде и прскалица налази се слој испуне направљен од PVC материјала у више порозних (ошупљених) слојева. Шупљине у овом слоју обезбјеђују скоро несметан проток ваздуха кроз испуну. Са друге стране, испуна успорава падање воде (спречава њено директно падање у базен) и тиме продужава вријеме њеног контакта са ваздухом (размјену топлоте). Осим описаног, испуна може бити изведена и на бројним другим принципима (Слика 5).



Слика 5: Различите могућности формирања испуне за успоравање пада воде [1]

Како, на овај начин, испуна задржава велике количине воде, велике тежине, то мора бити ослоњена на адекватну носећу, најчешће оквирну (стубови повезани гредама), конструкцију унутар торња. По проласку кроз испуну, вода се сакупља у водосабирном базену на дну торња, који покрива практичнко комплетну површину његове основе. Зона између испуне и базена се назива кишном зоном и она обезбјеђује посљедњу фазу хлађења воде (која је и у овом дијелу у контакту с ваздухом). Из базена, вода се каналом дистрибуира до водених пумпи које потискују назад у производни процес. Прије пумпи, вода се филтрира од крупнијих честица нечистоће. Дио топле воде се у овом процесу губи у облику водене паре која се није кондензовала[2] (изнад расхладног торња у функцији се увијек формира облак водене паре, Слика 1), него је дошла до врха торња и помијешала се са околном атмосфером. Такође, и један дио кондензованих капљица бива однесен ваздушном струјом (магла)[3]. Зато је неопходно обезбиједити константан прилив нове воде (отуд су ова постројења редовно лоцирана поред ријечних токова или језера). "Нова" вода се доводи у сабирни базен, додатно расхлађујући сакупљени конденз. Ниво воде у сабирном базену се одржава константним.

Влажним расхладним торњевима се загријана вода охлади обично за 8 до 14°C. Толико је, приближно, и загријавање расхладне воде у технолошком процесу [1].

1.4. Диспозиција расхладог торња

Слиједећи ознаке са Слике 6 и претпостављајући идеалну геометрију насталу ротацијом хиперболе, једначина љуске плашта је:

$$4R^2/d_t^2 - Z^2/b^2 = 1$$

$$b = d_t Z_U / \sqrt{(d_U^2 - d_T^2)} = 2d_t/c$$

Гдје је:

d_t - пречник грла,

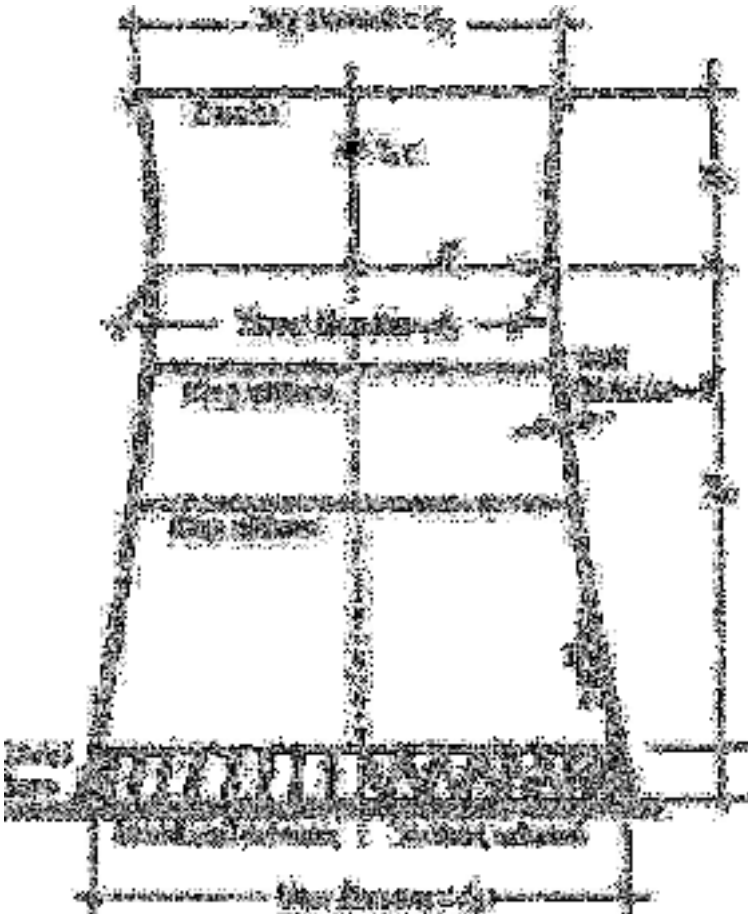
b - карактеристична димензија која је дефинисана рубним пречницима,

c - нагиб асимптоте обиљежен на шеми.

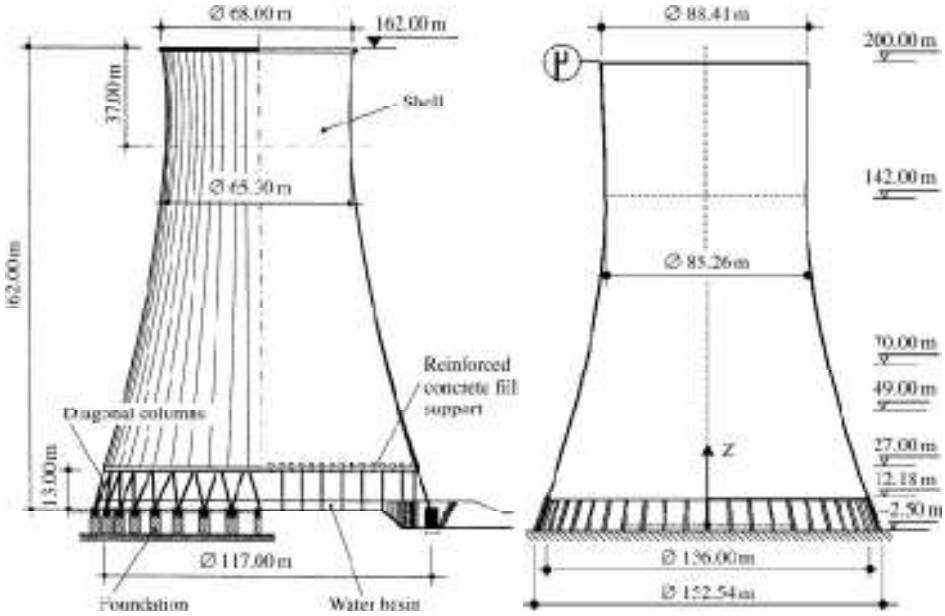
[2]Губици су реда величине 1 до 2.5 % количине воде у циркулацији

[3]Губици су реда величине 0.2 до 2% количине воде у циркулацији

Иако су конкретне димензије расхладног торња посљедица топлотног прорачуна, те масеног протока воде и ваздуха, односи димензија варирају у релативно уским границама. Тако је пречник основе торња у односу на висину у границама између 0.70 и 0.85. У најужем дијелу, пречник плашта је за око 35 до 45 % мањи од пречника на дну. Висина усисног дијела је 8 до 12 % висине торња, мања висина ограничава струјање ваздуха, а већа висина повећава губитак воде (повећава трошак упумпавања "нове" воде). Приказ два конкретна торња, који су у наведеним границама на Слици 7 [1].



Слика 6: Геометрија расхладног торња [1]



Слика 7: Димензије расхладног торња у Gundermmingen-уи у Niederaussem-у [1]

2. Дејства на расхладне торњеве

Конструкција расхладног торња може бити изложена сљедећим дејствима, односно њиховим комбинацијама: сталним дејствима од сопствене тежине конструкције и опреме, дејствима вјетра, сеизмичким дејствима, температурним дејствима, оптерећењем током градње, те дејствима неравномјерног слијегања [1].

2.1. Стална дејства

Стална дејства чине сопствена тежина конструктивних елемената, као и додатно оптерећење тежином фиксиране опреме, испуна, цијеви. Иако је у односу на своје габарите расхладни торањ конструкција са врло малом сопственом тежином, апсолутно посматрано, њена тежина је велика и може значајно да опредијели услове темељења, на примјер. Са друге стране, сопствена тежина махом напреже плашт аксијалним притиском, што је повољно у мјери у којој стабилност није угрожена.

2.2. Дејство вјетра

Због мале масе и врло велике висине и површине (како вертикалне пројекције, тако и површине плашта), код расхладних торњева се оптерећење вјетром јавља доминантним дејством, а утицаји (аксијалне силе, моменти савијања, вибрације) њиме изазвани не само што често по интензитету премашују оне од сопствене тежине (апсолутно гледано) него су и неправилно динамички промјенљиви и асиметрични.

Неколико примјера колапса расхладних торњева 1965. и 1984. године у Великој Британији, или 1979. године у Француској, управо за вријеме јаких вјетрова, показало је да се проблему процјене дејства вјетра (интензитет, правац) мора посветити велика пажња[4].

Уобичајено је да се динамичко дејство вјетра представља поједностављено, његовим квазистатичким еквивалентом. Ово је регулисано стандардима којима се дефинише интензитет и дистрибуција оптерећења. Алтернативно, ако се може примијенити и адеквативна комплексна динамичка анализа заснована на признатим теоријским и експерименталним истраживањима.

Дејство вјетра на расхладне торњеве мора бити анализирано у својој промјени по висини, те по својој промјени по обиму хоризонталног пресјека.

Домаћим стандардима[5] се дефинише дејство вјетра на пуне конструкције на начин да се претпостави њихов призматичан или сверни облик. Како расхладни торњеви "стандардног" облика не задовољавају ове геометрије, анализа дејства вјетра се спроводи приближно, за цилиндричну конструкцију.За неуобичајене облике пресјека редовно се раде експеримантална истраживања у аеродинамичким тунелима. Интензитет притиска вјетра (оптерећење вјетром) у некој тачки плашта на висини z, те на изводници која је у основи усмјерена под углом β у осносу на правац дувања вјетра, је, тако, дефинисано као производ аеродинамичког притиска вјетра,$q_{g,T,z}$, и коефицијента спољног притиска вјетра, C_{pe}.

$$w = q_{g,T,z} C_{pe}$$

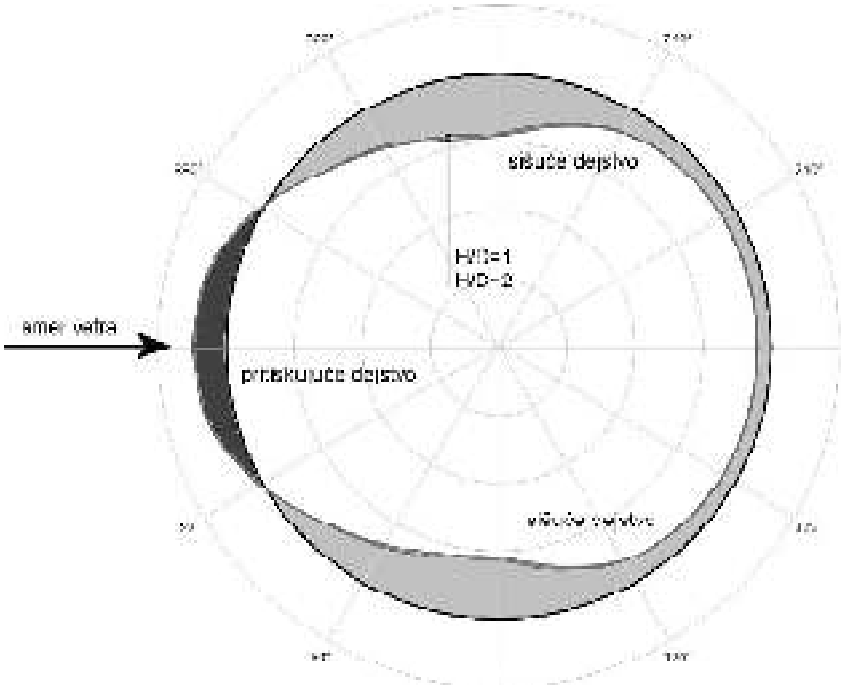
Аеродинамички притисак $q_{g,T,z}$ одговара висини zи укључује динамички коефицијент, кад је коефицијент C_{pe} промјенљив по обиму хоризонталног пресјека на начин приказан на Слици 8, за два односа *H/D (*ординате коефицијената спољног притиска се, за анализиране односе, мало разликују).

Да би се обухватили унутрашњи услови у расхладном торњу током његовог оперативног рада, уобичајена је пракса да се коефицијентима спољашњег притиска додаје коефицијент унутрашњег притиска, уз претопоставку његовог централно-симетричног распореда, који одговара сишућем дјеловању: $C_{pi} = -0.5$.

[4]Осим на проблеме у процјени интензитета вјетра и његових динамичких ефеката, ови колапси су јасно указали на велику осјетљивост ових конструкција стабилитетне природе, као и на проблеме недовољне количине уграђене арматуре у дотадашњој пракси пројектовања и извођења ове врсте конструкција. Посебно се истиче одсуство крутости горњег прстена за укрућење.

[5]SRPS U.C7.113, Поглавље 8.

Извођење оваквих конструкција у групама, на растојањима оквирно мањим од пречника торња у основи увећаног за 50% или њихово извођење поред других високих објеката, може слику оптерећења једног торња значајно промијенити и квалитативно и у интензитету. У таквим ситуацијама је неопходно спровести детаљнија испитивања (аеродинамички тунели) како би се избјегла драматична локална увећања притиска вјетра [1].



Слика 8: Распоред притиска вјетра на цилиндричну површину [1]

2.3. Сеизмичка дејства

Иако, спрам габарита, мале тежине, конструкције расхладних торњева могу, због велике висине и дискретног ослањања, бити угрожене јаким земљотресним дејствима. За анализу сеизмичког дејства се уобичајено примјењују поступци мултимодалне спектралне анализе или, комплекснијих, директних динамичких анализа.

Ефекти вертикалне компоненте земљотресног дејства су, по правилу, мали и оправдано је њихово занемарење у анализи. Обично је, због ротационо-симетричне геометрије, довољно да се сеизмички прорачун спроводи само за једну хоризонталну компоненту земљотреса.

Према домаћем нацрту Правилника [3]конструкције расхладних торњева чија висина није већа од 80 m могу бити, у смислу сеизмичког дејства, анализиране примјеном мултимодалне спектралне анализе. Наиме, тада, за релативно мале висине, се ове конструкције класификују као "објекти I категорије", када анализа сеизмичког дејства

обавезно подразумијева примјену сложених динамичких временских анализа (time-history), уз мултимодалну спектралну. На овај начин, домаћи прописи су нешто рестриктивнији од водећих свјетских (ACI, Eurocode), гдје је примјена мултимодалне спектралне анализе подразумијевана, а сложеније временске анализе се дају у форми алтернативе, а обавезним сматрају само у нетипичним ситуацијама.

Упркос правилу међусобног некомбиновања сеизмичког и дејства вјетра, сеизмичке комбинације се могу показати мјеродавним за димензионисање појединих пресјека љуске и, вјероватније, пресјека ослоначких стубова и темеља [1].

2.4. Температурна дејства

Температурно дејство на конструкцију расхладног торња (примарно на плашт) је посљедица оперативних (радних) услова, те осунчавања једног дијела површине. Манифестује се као разлика температура (температурни градијент) на унутрашњој и спољашњој бетонској површини.

За типичне радне услове торња, у климатским зонама Сјеверне Америке и централне Европе, може се рачунати са температуром на спољашњој површини од -15°C, те са температуром на унутрашњој површини бетона од +30 °C. Овакво дејство се анализира као ротационо симетрично.

Температурни ефекти изазвани осунчавањем половине плашта се прорачунски могу обухватити преко температурне промјене од +25 °C, константне по висини, а распоређене у облику (косинусног) полуталаса дуж једне половине обима кружног пресјека плашта.

Расхладни торњеви лоцирани у зонама хладних зима могу мјесецима бити константно квашени кондензованом паром, што за посљедицу може имати бубрење површинског бетона с унутршње стране, у интензитету зависно од карактеристика агрегата и цемента. Без детаљних испитивања овог феномена, допунски термални градијент од +10 °C (топлије на унутрашњој страни) може бити усвојен у циљу компензација овог "оштећења" [1].

2.5. Остала дејства

У областима гдје је оправдано очекивати формирање леденог покривача на (доњем) дијелу површине плашта, потребно је процијенити тежину леда и анализирати утицаје њом изазване.

Појединим дејствима конструкција је изложена током градње. Примарно, то су тежине пењајуће оплате, утицаји у зонама анкеровања торањске дизалице, привремени елементи за вертикални транспорт материјала. С обзиром да ова дејства "нападају" некомплетну конструкцију, неопходно их је анализирати у контексту одговарајућег статичког система. Треба примијетити да и поједина од претходних оптерећења (вјетар, сеизмика) могу имати квалитативно другачији распоред на некомплетној конструкцији, због чега морају бити разматрана и у фази градње. У прилог овоме иду и познати случајеви значајних оштећења или рушења конструкција расхладних торњева у фази градње усљед незгоде или под дејством јаких вјетрова.

Коначно, конструцкије расхладних торњева се, посебно стабилитетно посматрано, могу показати врло осјетљивим на утицаје изазване неравномјерним слијегањем. Најчешћи узрок оваквој деформацији подлоге лежи у не-униформном саставу тла испод торња. Иако се правилним темељењем ваља обезбиједити од значајних утицаја ове врсте дејства, на пројектанту је обавеза да правилно процијени и моделира њихов интензитет [1].

2.6. Прорачунске ситуације

У општем случају, конструкција торња је доминанто изложена:

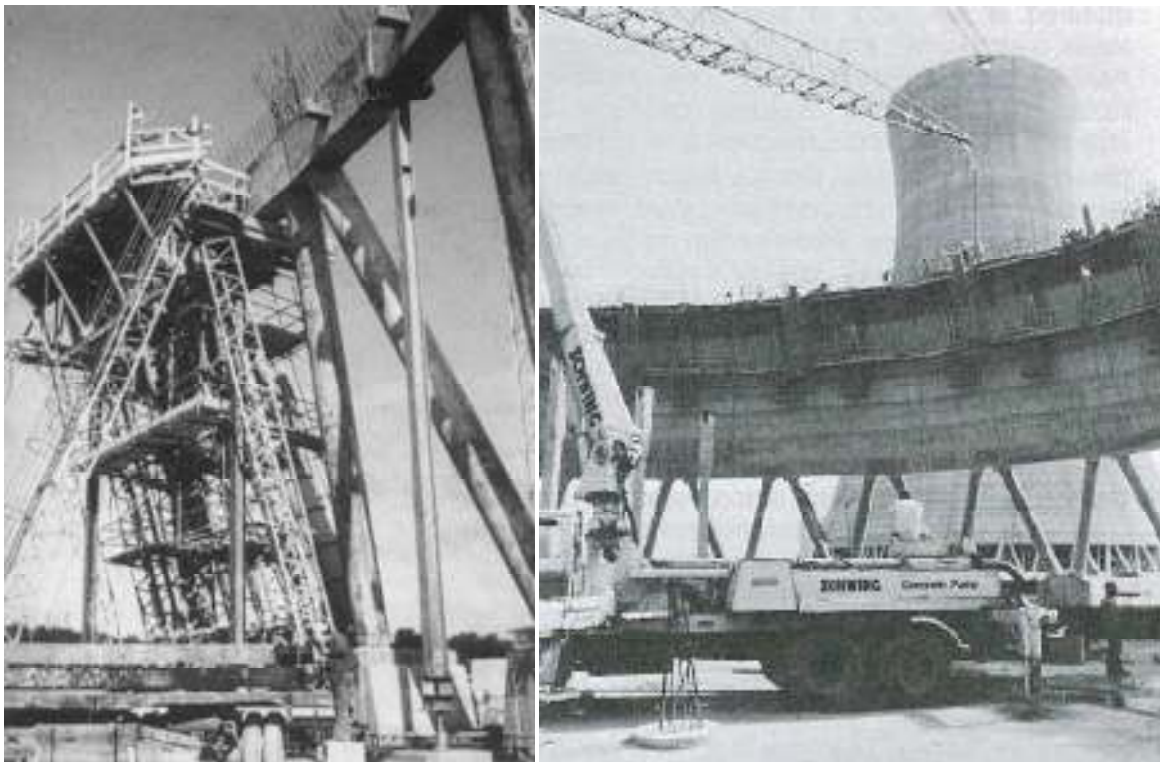
- сталним дејствима која потичу од сопствене тежине конструктивних и неконструктивних елемената и, у неким случајевима, од тежине фиксне опреме,
- промјенљивим дејствима вјетра, корисног оптерећења, тежином леда...,
- осталим дејствима, прије свега температурним, али и дејствима неравномјерног слијегања,
- сеизмичким дејствима одређеним спектралним поступком, те одређеним методама динамичке анализе за пројектни земљотрес.

Комбиновањем граничних и експлоатационих утицаја од дејстава одговара правилима пробабилистичког приступа прорачуну [1].

3. Извођење расхладних торњева

Стандардно извођење конструкције расхладног торња подразумијева "in situ" извођење темељне конструкције, монолитно или монтажно извођење прстенова ослоначких стубова (заједно с доњим рубом плашта, Слика 9а), те монолитно извођење плашта (или рубних прстенова) пењајућом оплатом (Слика 9б). Бетонирање плашта је

помогнуто торањском дизалицом у оси торња (Слика 10), анкерованом хоризонтално за изведени дио плашта [1].



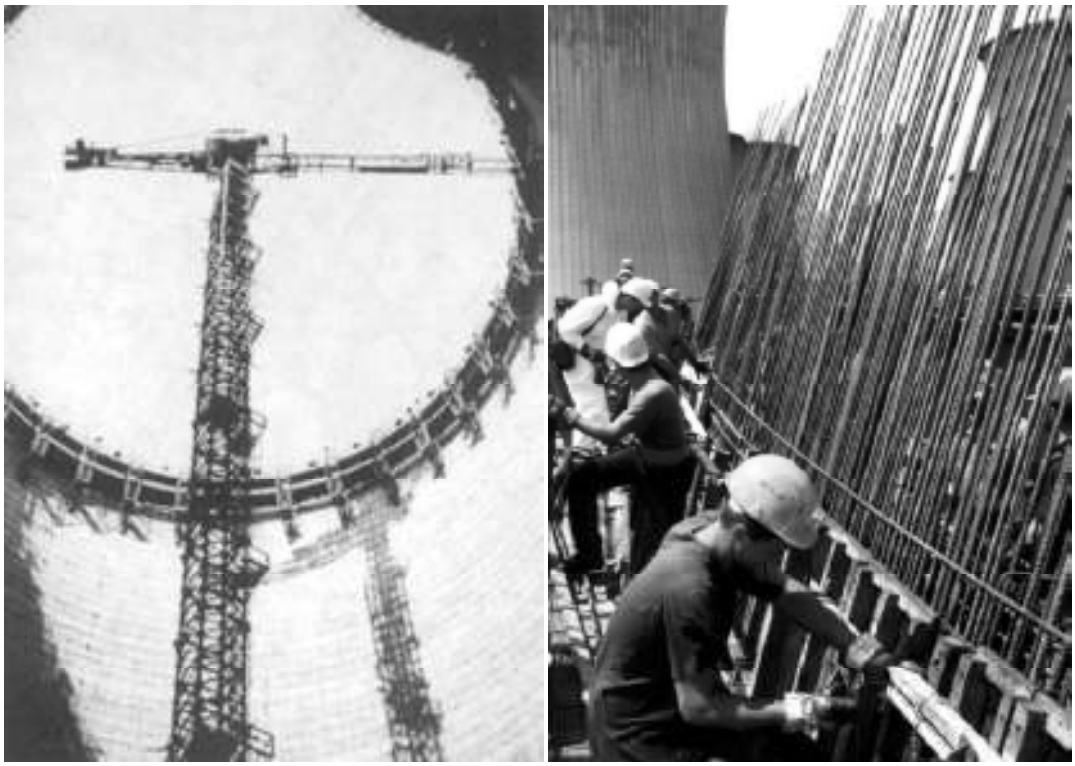
Слика 9: Извођење ослоначке конструкције и бетонирање плаша [1]

Систем скела и оплата, те радна платформа, су начелно, обезбијеђене од стране извођача. Ипак, неопходно је током извођења контролисати начин њиховог коришћења, те обезбиједити сигурност радника, с једне, те квалитет изведене конструкције, са друге стране. Од посебног значаја овдје је квалитет оплатних плоча.

Пред извођача конструкције торња се постављају строги захтјеви прецизности извођења.Тако изведена дебљина љуске не смије бити мања од пројектоване нити прекорачити пројектовану дебљину више од 10 %. Имперфекције средње површине љуске не смију прекорачити половину пројектоване дебљине љуске, нити 10 cm. Угаона одступања, у било ком правцу, морају остати унутар угловне грешке од 1.5 %. Радијална одступања у нивоу темеља и ослоначких стубова морају остати у границама ±6 cm. Пројектовани положај арматуре, те пројектовану дебљину заштитног слоја бетона, неопходно је обезбиједити дистанцерима и фиксаторима за оплату. Вертикалну арматуру која вири из посљедњег бетонираног слоја је потребно придржати у вертикалном положају како се не би нарушила веза пријањањем челика за бетон.

Мала дебљина љуске условљава да се посебна пажња посвети доброј уградњи бетона, вибрирањем. Површине избетонираног дијела код настављања бетонирања морају бити добро очишћене од прашине и лабавих дијелова, квашене и третиране хемијским

средствима за везу старог и новог бетона, прије бетонирања наставка. Подразумијева се и адекватна њега бетона [1].



Слика 10: Торањска дизалица у оси торња и радна платформа [1]

Све неправилности у површини бетона се исправљају непосредно након помијерања пењајуће оплате. Том приликом се и запуњавају отвори у елементу од дистанцера и укрућења оплате.

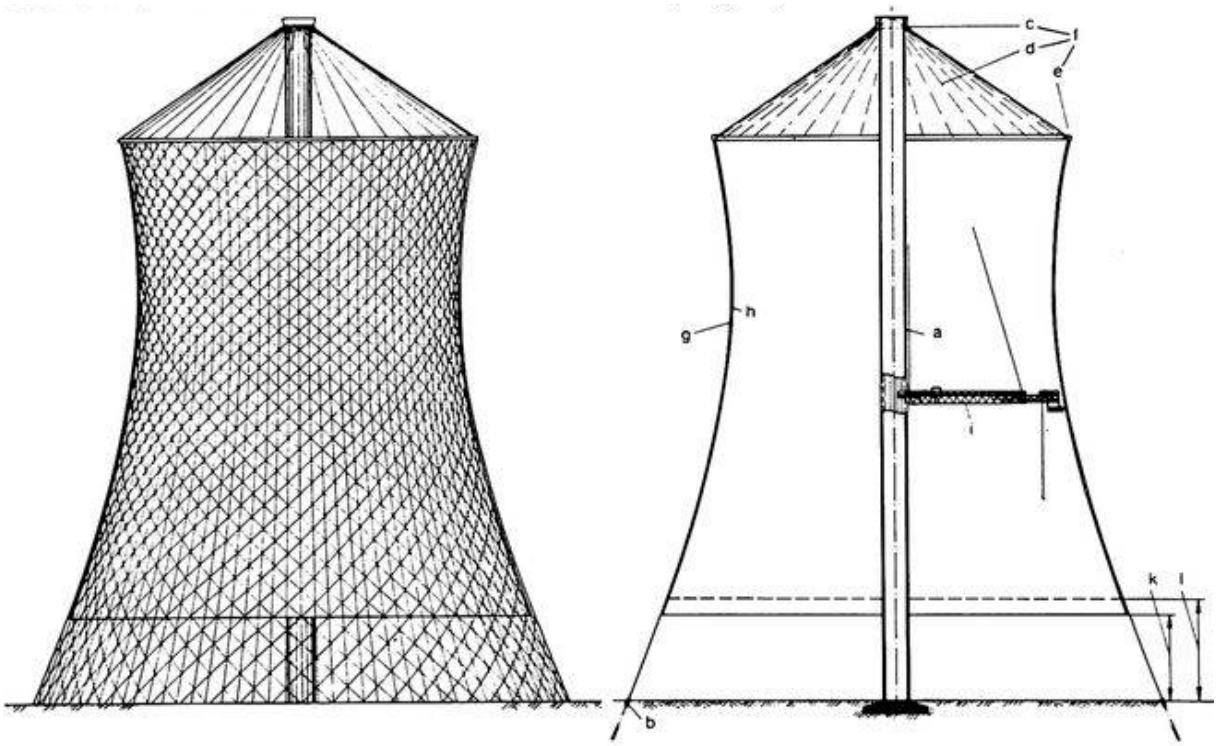
Састав бетона мора да задовољи високе стандарде, не само статички условљене. Због чињенице да се бетон расхладних торњева при експлоатацији може наћи у јако агресивним условима, он се мора одликовати високом хемијском отпорношћу, глатком површином, високом компактношћу, високом отпорношћу на мраз. Начин извођења, такође, налаже потребу раног постизања минималних чврстоћа.

Као додатна мјера против корозије бетона, може се примијенити и премазивање унутрашњости плашта бојама на бази смоле. Ово је и обавезна мјера код торњева који могу експлоатационо бити изложени дејству сумпорових или азотних оксида (термоелектране).

4. Расхладни торњеви са плаштом од мрежасте конструкције састављене од челичних ужади

4.1. Опис и понашање под оптерећењем

Главна карактеристика овог типа расхладног торња са природним провјетравањем, је примјена мреже од преднапрегнутих ужади, која замјењује армиранобетонску љуску код конвенционалних торњева (Слика 11) [4].

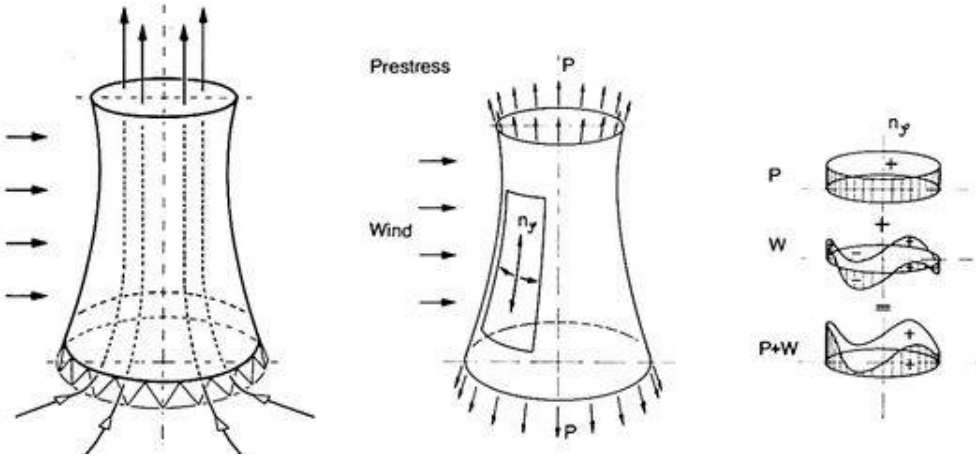


Слика 11: Расхладни торањ са плаштом од мреже ужади [4]

На Слици 11 приказани су основни елементи расхладних торњева са плаштом од мреже преднапрегнутих ужади:

a. јарбол
b. кружна темељна греда са геотехничким сидрима
c. прирубни прстен
d. ужад за везу прирубног и притиснутог прстена
e. притиснути прстен
f. везни прстен
g. мрежа од ужади
h. испуна
i. телескопски кран
k. отвор за усисавање ваздуха
l. елементи прскалишта

Ротациони хиперболоид обично коришћен за расхладне торњеве са обликом негативне кривине одлично испуњава захтјеве за преднапрезање. У одређеном дијелу мембране која је затворена у свом кружном правцу, захтијеване силе преднапрезања се уносе само са горње или само са доње ивице (претежно гоње), како би се произвеле силе затезања у мембрани у било којој тачки у било ком правцу. Пошто мембрана прихвата само силе затезања, потребна је већа сила преднапрезања од силе притиска у било ком случају оптерећења који се могу јавити у експлоатационом вијеку расхладног торња (Слика 12) [4].



Слика 12: Начин уношења силе преднапрезања [4]

Овако преднапрегнута мембрана се понаша као иделна мембрана, у поређењу са непреднапрегнутом, а тиме и нужно дебелим љускама крутим на савијање, као што је случај са конвенционалним расхладним торњевима од армираног бетона, има одређене предности:

- локални удари вјетра неће узроковати напоне савијања у зиду јер нема савојне крутости. Они ће бити распоређени у преднапрегнутој мембрани кроз мале деформације и мале додатне директне напоне.
- неће имати проблем са стабилношћу или превртањем, јер преднапрегнута мембрана никада не дјелује у притиску. Чврстоћа затезања њеног материјала може, стога, бити повећана до технички могуће границе и бити потпуно искоришћена. Из тог разлога, материјали као што су високовриједни челични лимови, тканине и мреже од ужади су изузетно погодни.

Да би се силе преднапрезања увеле у мембрану и укрутиле је против неистежућих деформација, то је обезбијеђено помоћу темељног прстена у основи и притиснутог прстена на врху. Притиснути прстен је објешен нагнутим радијалним ужадима на врху јарбола. Јарбол се налази у центру торња и дјелује под чистим притиском [4].

Понашање носивости мембране се неће мијењати ако се она подиже изнад нивоа тла до висине која је одређена захтјевима за усисавање ваздуха у систему за хлађење, под условом да се мембрана замијени одговарајућим носачима састављеним од троугаоне мреже формиране од ужади или шипки.

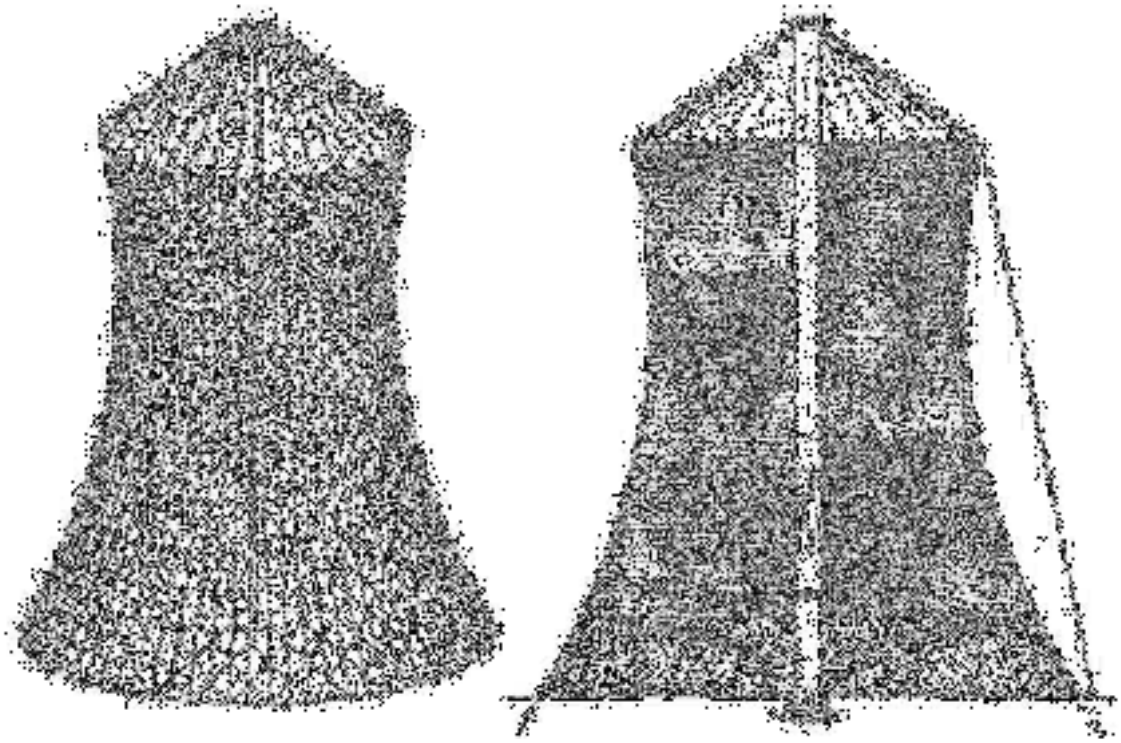
Везни прстен, намијењен за вјешање и преднапрезање мембране, додатно се понаша као савршена крута плоча. Према томе напони у мембрани ће бити много равномјерније распоређени у односу на мембрану без ојачања на врху.

За веће расхладне торњеве са великим односом висине и ширине може се препоручити да осим горњег везног прстена имају и средишњи везни прстен на различим нивоима да би се приближили што бољој дистрибуцији напона потпуно ојачане мембране.

Како масималне силе на мембрани углавном одређују потребну силу преднапрезања, а тиме и силу притиска у јарболу, ефекат тих везних прстенова се директно одражава на цијену таквих расхладних торњева [4].

4.2. Приказ првог расхладног торња са мрежастом конструкцијом од ужади

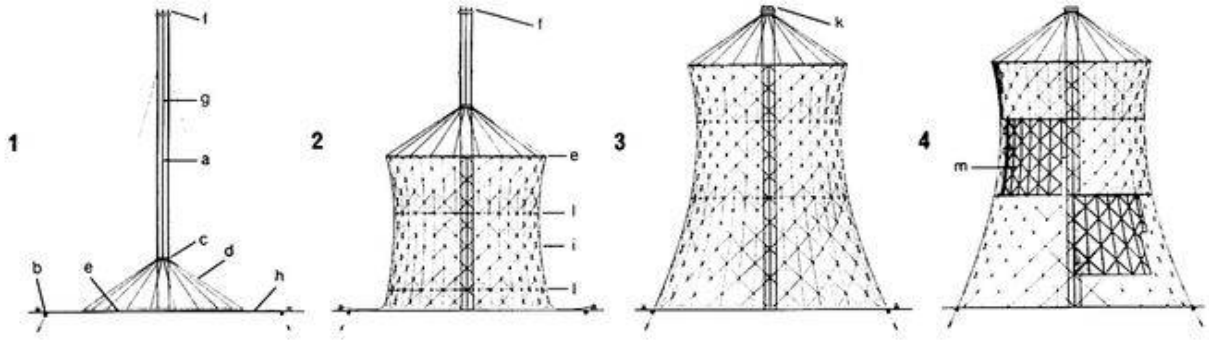
Први торањ овакве врсте подигнут је у Западној Њемачкој крајем 1975. године. Пречник базе му је 141 m, а пречник притиснутог прстена је 91 m. Јарбол је висок 180 m, а висина на којој се налази притиснути прстен је 146 m од нивоа тла (Слика 13) [4].



Слика 13: Расхладни торањ од мреже преднапрегнутих ужади у нуклеарној електрани Schmehausen у Западној Њемачој [4]

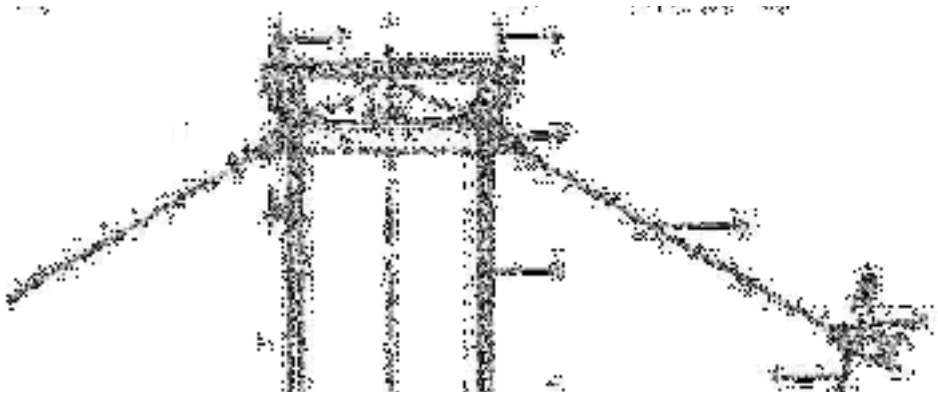
Умјесто директне употребе мембране као што је горе описано, његов плашт се састоји од мреже састављене од преднапрегнутих ужади, која је накнадно обложена непропусном облогом. Мрежа састављена од ужади, с обзиром на њено понашање под оптерећењем, неопходно је да има троугаону форму да би се понашала као мембрана. Распоред ужади је одабран на такавначин да укупна мрежа са 46 000 m^2 може бити префабрикована само са двије врсте ужади јер су сва дијагонална ужад једнака и сва меридијална ужад једнака.

Пошто на централни јарбол дјелује само сила притиска, он је изграђен од армираног бетона. Изграђен је истовремено са израдом кружне темељне греде за сидјење мреже од ужади. Ова темељна греда је анкерована за земљу помоћу преднапрегнутих геотехничких сидара (Слика 14) [4].



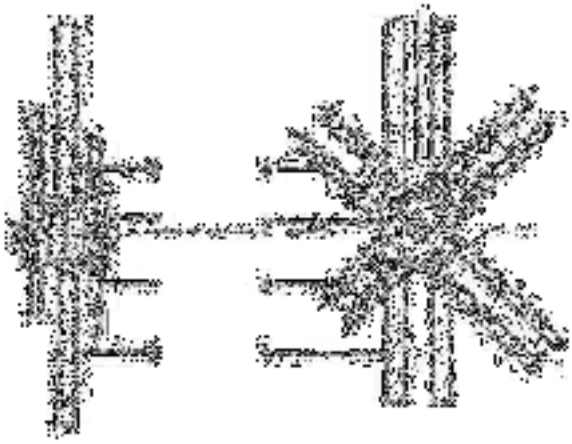
Слика 14: Начин дизања мреже: a) јарбор, b) кружна темељна греда са геотехничким сидрима,c) прирубни прстен,d) ужад за везу прирубног и притисног прстена,e) притиснути прстен,f) уређај за дизање,g) ужад за дизање,h) мрежна ужад,i) плашт од мреже,k) уређај за преднапрезање, l) везни прстен, m) облога [4]

Затим су спојени спољашњи притиснути прстен и прирубни прстен на земљи чиме је формиран горњи везни прстен. Оба прстена су челична, кутијастог попречног пресјека димензија 80x120 cm, и 60x100 cm (Слика 15) [4].



Слика 15: Врх јарбола: a) јарбол, b) прирубни прстен, c) ужад за везу прирубног и притиснуг прстена, d) притиснути прстен, e) мрежна ужад, f) уређај за дизање [4]

Ова два прстена су спојена са 36 ужади пречника 76 mm. У међувремену је на врх јарбола уграђен уређај за подизање са којег је прирубни прстен подигнут са три ужета за одизање. Мрежна ужад су затим причвршћена за притиснути прстен и континуирано монтирана све док прирубни прстен, а самим тим и горњи везни прстен није у цијелости подигнут. За ову сврху је најприкладнији тип ужади који су већ развијени за кров Олимпијског стадиона у Минхену. Овај тип ужади састоји се од два паралелна ужета са алуминијумским стезаљкама, уграђеним у радионици (Слика 16) [4].



Слика 16: Изглед чвора: a)вертикална ужад, b) коса ужад, c) ал. стезаљке [4]

Они гарантују тачну шему мреже кроз континуирано једнаку удаљеност између одговарајућих чворова. За спајање мреже на градилишту постоји само један вијак у сваком чвору потребан за спајање три слоја ужади.Да би се гарантовала дуготрајна заштита од корозије, ужади су предене од тзв. "alumowled" жица, које су покривене алуминијумским премазом од чак 25 % од укупног дијела попречног пресјека [4]

По завршетку дизања мрежа од ужади је повезана са темељном гредом. Затим се прирубни прстен даље подиже све док се не постигне довољна сила преднапрезања. Сагласно својој шеми, мрежа од ужади је преузела тачну геометрију.

Расхладни торањ у Њемачкој је изграђен са два додатна везна прстена; сваки се састоји од спољашњег притиснутог прстена на мрежној површини и унутрашњег затегнутог прирубног прстена који окружује, али не додирује јарбол. Оба прстена спојена су са 36 радијалних конопаца, пречника 32 mm, који су, такође, били монтирани на тлу истовремено са монтажом остале мреже и подигнути заједно са њом. Након преднапрезања мреже и повезивања прирубног прстена за врх јарбола, тиме се завршава конструкција торња, облога је причвршћена са унутрашње стране [4].

Тестови у аеродинамичким тунелима су показали да постављањем облоге са унутрушње стране мреже додатно умањује сишуће дејство вјетра на површини торња [5].

Вијци за спајање три слоја ужади додатно служе за постављање алуминијумске греде са унутрашње стане која је монтирана, такође, на земљи у процесу дизања мреже и која служи за постављање облоге [6].

Облога се у овом случају састоји од таласастих алуминијумских плоча које су причвршћене на чворове мреже и спојене тако да могу пратити деформације мреже под оптерећењем вјетра.

У сеизмичким условима овај тип расхладних торњева је супериорније рјешење од конвенционалног типа торњева јер због њихове масе чак ни јаки земљотреси не могу да узрокују веће оптерећење од вјетра. Овај тип расхладних торњева је скоро нимало осјетљив на слијегање темеља [4].

5. Прорачун расхладног торња са плаштом састављеним од мрежасте конструкције саствљење од ужади

5.1. Технички опис конструкције

5.1.1. Пројектни задатак

За потребе термоелектране инсталисане снаге 300 MW потребно је испројектовати расхладни торањ чији је плашт израђен од лаке конструкције која се састоји од мреже преднапрегнутих ужади чија је унутрашњост обложена трапезастим лимомради омогућавња струјања ваздуха. Ради утврђивања економичности рјешења потребно је овакву конструкцију расхладног торња упоредити са конструкцијом расхладног торња чији је плашт израђен од армираног бетона једнаких геометријских карактеристика. Као полазна основа узет је расхладни торањ ТЕ Угљевик. На основу његове геометрије описана је геометрија расхладног торња чији је плашт израђен од мреже ужади. На крају рада, дат је приказ количина основих елемената конструкције, елементи прскалишта су једнаки у обије варијанте тако да њихови елементи нису анализирани.

5.1.2. Опис локације на којој се налази објекат

Објекат се налази на подручју општине Угљевик, на надморској висини 158 m. Терен је раван. Према подацима из Републичког хидрометеоролошког завода највиша годишња температура за општину Угљвик износила је 36 °C док је најнижа износила -26 °C. Основна брзина вјетра за општину Угљевик износи 20 m/s.

5.1.3. Опис конструкције

Конструкције расхладног трења састоји се од сљедећих елемената:

- Јарбола висине 131.00 m од коте тла, прстенастог попречног пресјека пречника 6.00 m, и дебљине стијенке 40.00 cm израђеног од армираног бетона. Јарбол је смјештен у централном дијелу торња и доминантно је оптрећен на притисак. Фундиран је на темељној плочи на коти -2.00 m од коте терена. На врху јарбола налази се кратки бетонски елемент. Уз јарбол постављене су пењалице са одмориштима на сваких 10.00m чиме је омогућен излаз на врх јарбола.
- Темељне плоче промјенљиве дебљине од 2.00 m испод централног дијела полупречника 10.00 m до 0.60 m на осталим дијеловима полупречника 37.82 m. Кота фундирања темељне плоче креће се од -4.00 m гдје је дебљина плоче 2.00 mдо -2.60 mна осталом дијелу.
- Зид базена уздиже се по ивици темељне плоче до коте ±0.00 m, дебљина зида је 60 cm.По врху зида уграђују се анкер-плоче које касније по монтажи мреже служе за везивање мреже од ужади са зидом.

- Кратки елемент на врху јарбола висине 1.70 mслужи да би се на његовом врху поставиле котве и да се одатле врши дизање конструкције у пројектовани положај и њено преднапрезање.
- Горњи везни прстен, који се састоји од спољашњег притиснутог прстена кутијастог пресјека димензија 80x120, дебљине стијенке 30 mm и који се налази на висини од 113 m од нивоа тла, те унутрашњег прирубног прстена димензија 60x90 cm, дебљине стијенке 30 mm који се налази на висини од 129.30 m од нивоа тла. Улога притиснутог прстена је да се на њега веже мрежа ужади и да је држи у захтијеваној геометрији. Улога прирубног прстена је да се помоћу њега и ужади које се везују за кратки елемент врши дизање конструкције и уношење силе преднапрезања. Оба прстена спојена су радијалним ужадима типа ""Dywidag" 6827 (A=0.6").
- Средишњи везни прстен, састоји се од спољашњег и унутрашњег прстена кутијастог пресјека 40x40 cm, са дебљином стијенке 10 mm, који су такође спојени радијалним ужадима типа ""Dywidag" 6805 (A=0.6"). Улога овог прстена је да смањи деформације плашта и обезбиједи правилније преношење силе преднапрезања. Овај прстен се налази 73.61 m од нивоа тла.
- Мрежа од ужади типа ""Dywidag" 6805 (A=0.6"), састоји се од три слоја ужади и то у два коса правца и једног у вертикалном правцу, који су фиксирани у тзв.чворовима мреже. Свако уже састоји се од два паралелна ужета који су спојени алуминијумским стезаљкама. На мјесту чвора поставља се са унутрашње стране везна греда.
- Везна греда типа 2xHOP C200x100x5 поставља се на мјесту чворова мреже са унутрашње стране помоћу вијка на самом градилишту и служи за ношење облоге. Везна греда уједно сужи и да се све оптерећење које дјелује на облогу пренесе на мрежу у њеним чворовима.
- Облога од трапезастог лима типа LTP115 се поставља са унутрашње стране везне греде након уношења силе преднапрезања у ужад. Облогом се формира затворени плашт који омогућава струја ваздуха што је и улога цијеле конструкције. Облога се монтира од врха конструкције помоћу платформи које су помоћу ужади везане за горњи притиснути прстен, чиме им се омогућује вертикално кретање.

5.1.4. Статички прорачун

Прорачун конструкције извршен је према граничним стањима носивости и према граничним стањима употребљивости у софтверском програму "Tower 6"при чему су разматрани сљедећи случајеви:

- Фаза I, јарбол без плашта
- Фаза II, јарбол са плаштом

Јарбол без плашта представља конструкцију у фази изградње па је сходно томе приликом прорачуна такву конструкцију потребно третирати као привремену, а оптерећења која дјелују на њу сматрати инцидентним оптерећењима према [11].

Одсуство крутости елемената од ужади на свијање и притисак моделирано је усвајањем геометријски нелинеарне анализе.

Према геотехничком елаборату, тло на коме се гради објекат је изузетно добрих карактеристика, па коефицијент реакције тла, одностно коефицијент крутости тла износи 2000 kN/m^3.

Прорачун потребне силе преднапрезања вршен је итеративним путем да би се добила сила затезања у ужадима која је већег интензитета од максималне силе притиска спољашњег оптерећења која се може јавити у експлоатацији објекта. За вријеме генералног ремонта термоелектране, тј. сваке четири до пет година, потребно је вршити мјерење силе преднапрезања и ако је потребно вршити дотезање ужади.

Прорачуном нису обухваћени елементи везе ужади и прорачун елемената прскалишта.

5.1.5. Извођење објекта и монтажа

Након достизања захтијеване чвстоће бетона темељне плоче и јаробла може се приступити монтажи остатка конструкције. На врх јарбола постављају се уређаји за одизање и помоћу њих врши се одизање прирубног прстена, а затим континуирано одизање цијеле конструкције. У току дизања мреже врши се постављање везних греда које су помоћу једног вијка фиксиране за чворове мреже. Након одизања цијеле мреже врши се њено везивање за зид базена и након тога врши се поновно одизање прирубног прстена чиме се уноси сила преднапрезања у мрежну ужад. Овим преднапрезањем мрежа је добила тачну геометрију. По завршетку уношења силе преднапрезања може се приступити изради и монтажи облоге од таласастог лима. Облога се поставља помоћу корпи које су причвршћене за притиснути прстен. Преднапрезање и постављање облоге представља врло ризичан и опасан посао што налаже ангажовање стручног и искусног кадра за овакве или сличне послове и захтјева високе стандарде заштите на раду.

,

5.2. Анализа оптерећења

5.2.1. Оптерећење од облоге

– Трапезасти лим.....0.20 kN/m^2

Оптерећење од тежине лима преноси се директно у чворове мреже (Табела 1).

Табела 1. Вриједности оптерећења тежине облоге у чворовима мреже (H-висина чвора, r-полупречник торња на висини H, Δh-висинска разлика између чворова, g-тежина облоге у чвору).

H [m]	*r [m]*	*Δh [m]*	*g [kN/m^2]*	*H [m]*	*r [m]*	*Δh [m]*	*g [kN/m^2]*
0.00	*37.52*	*5.27*	*0.00*	*74.94*	*18.36*	*1.31*	*0.26*
5.27	*35.78*	*4.81*	*0.95*	*76.25*	*18.23*	*1.30*	*0.25*
10.08	*34.22*	*4.41*	*1.73*	*77.55*	*18.12*	*1.28*	*0.25*
14.49	*32.81*	*4.06*	*1.53*	*78.83*	*18.03*	*1.27*	*0.24*
18.55	*31.53*	*3.76*	*1.35*	*80.10*	*17.94*	*1.26*	*0.24*
22.31	*30.37*	*3.50*	*1.21*	*81.36*	*17.87*	*1.25*	*0.24*
25.81	*29.31*	*3.26*	*1.08*	*82.61*	*17.81*	*1.24*	*0.23*
29.07	*28.34*	*3.06*	*0.98*	*83.86*	*17.76*	*1.24*	*0.23*
32.12	*27.45*	*2.87*	*0.89*	*85.09*	*17.73*	*1.23*	*0.23*
34.99	*26.64*	*2.71*	*0.81*	*86.33*	*17.71*	*1.23*	*0.23*
37.70	*25.88*	*2.56*	*0.74*	*87.56*	*17.70*	*1.23*	*0.23*
40.26	*25.19*	*2.43*	*0.68*	*88.79*	*17.71*	*1.23*	*0.23*
42.69	*24.55*	*2.31*	*0.63*	*90.02*	*17.72*	*1.24*	*0.23*
45.00	*23.95*	*2.20*	*0.58*	*91.26*	*17.75*	*1.24*	*0.23*
47.20	*23.40*	*2.10*	*0.54*	*92.50*	*17.79*	*1.25*	*0.23*
49.30	*22.89*	*2.02*	*0.51*	*93.74*	*17.84*	*1.25*	*0.23*
51.32	*22.42*	*1.93*	*0.48*	*95.00*	*17.91*	*1.26*	*0.24*
53.25	*21.98*	*1.86*	*0.45*	*96.26*	*17.99*	*1.28*	*0.24*
55.11	*21.57*	*1.79*	*0.42*	*97.54*	*18.08*	*1.29*	*0.24*
56.91	*21.19*	*1.73*	*0.40*	*98.83*	*18.18*	*1.31*	*0.25*
58.64	*20.84*	*1.68*	*0.38*	*100.13*	*18.30*	*1.32*	*0.25*
60.32	*20.51*	*1.63*	*0.36*	*101.46*	*18.43*	*1.34*	*0.26*
61.95	*20.21*	*1.58*	*0.35*	*102.80*	*18.58*	*1.37*	*0.27*
63.53	*19.93*	*1.54*	*0.33*	*104.17*	*18.74*	*1.39*	*0.27*
65.07	*19.67*	*1.50*	*0.32*	*105.56*	*18.92*	*1.42*	*0.28*
66.57	*19.43*	*1.47*	*0.31*	*106.98*	*19.12*	*1.45*	*0.29*
68.04	*19.21*	*1.43*	*0.29*	*108.43*	*19.33*	*1.48*	*0.30*
69.47	*19.01*	*1.40*	*0.29*	*109.92*	*19.56*	*1.52*	*0.31*
70.87	*18.82*	*1.38*	*0.28*	*111.44*	*19.81*	*1.56*	*0.32*
72.25	*18.65*	*1.35*	*0.27*	*113.00*	*20.08*	*0.00*	*0.17*
73.61	*18.50*	*1.33*	*0.26*				

5.2.2. Оптерећење на зид водосабирног базена

- хидростатички притисак воде

$p_w(h) = \gamma_w h \left[\frac{kN}{m^2}\right]$

p_w- притисак воде

γ_w - запреминска тежина воде

h - дубина базена

$p_w(0) = 10 * 0 = 0\ kN/m^2$ -притисак воде за $h = 0\ m$

$p_w(2) = 10 * 2 = 20\ kN/m^2$ - притисак воде за $h = 2\ m$

- притисак тла (стање мировања)

$\sigma_z(z) = \gamma_s z k_0 \left[\frac{kN}{m^2}\right]$

σ_z - притисак тла

γ_s - запреминска тежина тла

z - дебљина слоја тла

k_0 - коефицијент притиска тла за стање мировања

$k_0 = 1 - sin\varphi$

$\sigma_z(0) = 19 * 0 * (1 - \sin(33°)) = 0\ kN/m^2$ -притисак тла за $z = 0\ m$

$\sigma_z(2.6) = 19 * 2.6 * (1 - \sin(33°)) = 22.50\ kN/m^2$ - притисак тла за $z = 2.6\ m$

5.2.3. Оптерећење на темељну плочу

- тежина конструкције прскалишта
  - централни стубови (тежина по стубу).....570 kN
  - крајњи стубови (тежина по стубу).....310 kN
- хидростатички притисак воде
- $p_w(h) = \gamma_w h \left[\frac{kN}{m^2}\right]$
- p_w- притисак воде
- γ_w - запреминска тежина воде
- h - дубина базена

$p_w(2) = 10 * 2 = 20\ kN/m^2$ - притисак воде за $h = 2\ m$

5.2.4. Оптерећење вјетром

Прорачун оптерећења вјетром разматраћемо у два случаја:

- Фаза I, сам јарбол, без плашта
- Фаза II, јарбол са плаштом

Оптрећење вјетром рачунамо према [7]

$$w_0 = \frac{1}{2}\rho\left(v_{m,50,10}^{B} k_t k_T\right)^2 S_z^2 K_z^2\, G_z\, 10^{-3} C\, A$$

Објекат се гради на подручју општине Угљевик, за коју важе сљедећи подаци везани за прорачун оптерећења вјетром:

- Надморска висина општине: $158\ m$ н.м
- Основна средња брзина вјетра:$v_{m,50,10} = 20\ m/s$
- Класа храпавости терена: B за коју важи:

a	B	α	z_0	z_G
0.03	*1.00*	*0.14*	*0.03*	*320 m*

Густина ваздуха на поменутој локацији:

$$\rho = 1.225 - \frac{H}{8000} = 1.225 - \frac{158}{8000} = 1.205\ kg/m^3$$

- Фаза I, јарбол без плашта

Фактор временског осредњавања основне брзине вјетра: $k_t = 0.793$ (објекат у изградњи, сам јарбол представља недовршен објекат).

Фактор повратног периода основне брзине вјетра: $k_T = 1.00$ (T=50 година, за инжењерске објекте овог типа узима се повратни период од 50 година).

Фактор топографије терена: $S_z = 1.00$

Пројектна основна брзина вјетра:

$$v_{m,t,10} = k_t k_T v_{m,50,10}^{B} = 0.793 * 1.0 * 20.0 = 15.86\ m/s$$

Фактор експозиције:

$$K_z = \sqrt{b}\left(\frac{z}{10}\right)^{0.14} = \left(\frac{z}{10}\right)^{0.28}$$

Основни притисак вјетра:

$$q_{m,T,10} = \frac{1}{2}\rho\left(v_{m,50,10}^{B} k_t k_T\right)^2 10^{-3} = \frac{1}{2} * 1.205 * (20.0 * 0.793 * 1.0)^2 * 10^{-3}$$
$$= 0.151584\ kN/m^2$$

Осредњени аеродинамички притисак вјетра:

$$q_{m,T,z} = q_{m,T,10} S_z^2 K_z^2 = 0.151584 \left(\frac{z}{10}\right)^{0.28}$$

Брзина вјетра на висини: $h = 131 \ \rightarrow v_{m,T,130} = 15.86 \left(\frac{131}{10}\right)^{0.28} = 32.59\ m/s$

Редукована брзина вјетра за сам јарбол:

$$Q = \left(\frac{v_{m,T,h}}{n_1 h}\right)^2 = \left(\frac{41.10}{0.2128 * 131}\right)^2 = 1.116\ m/s$$

n_1- фреквенција слободних непригушених осцилација у првом тону у Hz (преузета из модела у "Tower 6")

Релативно пригушење осциловања конструкције: $\xi = 0.003$ (одговара јарболима [8])

Провјера подложности конструкције резонантном ефекту:

$$\frac{b}{h} = \frac{6.0}{131.0} = 0.045 < 0.25 \ \rightarrow \left(\frac{R}{B}\right)^2 = \frac{\pi}{4} S' \frac{Q^{\frac{5}{6}}}{\xi}$$

Фактор спектралне енергије вјетра S'

$$\frac{h}{2\,L} = \frac{131}{2 * 60} = 1.092 \ \rightarrow S' = 0.025, B = 0.8$$

B - фактор просторне корелације брзине вјетра

R - резонантни фактор

$$\left(\frac{R}{B}\right)^2 = \frac{\pi}{4} S' \frac{Q^{\frac{5}{6}}}{\xi} = \frac{\pi}{4} * 0.025 * \frac{1.116^{\frac{5}{6}}}{0.003} = 7.18 > 0.5$$

Конструкција је подложна резонатнтном одговору - спада у витке конструкције

$$v_t = \frac{n_1 t \left(\frac{R}{B}\right)}{\left[1 + \left(\frac{R}{B}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{0.235452 * 3600 * \sqrt{2.68}}{[1 + 7.18]^{\frac{1}{2}}} = 277.73$$

$$g = \sqrt{2 \ln v_t} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln v_t}} = \sqrt{2 \ln(277.73)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(277.73)}} = 3.41$$

g - ударни коефицијент

Интензитет турболенције (за $z = \frac{h}{2} = \frac{131}{2} = 65.5\ m$):

$$I_z = \sqrt{\left(\frac{a}{b}\right)\left(\frac{10}{z}\right)^{\alpha}} = \sqrt{\left(\frac{0.03}{1.0}\right)\left(\frac{10}{65.5}\right)^{0.14}} = 0.133133$$

Динамички коефицијент вјетра:

$$G_z = 1 + 2\ g\ I_z\ B \sqrt{1 + \left(\frac{R}{B}\right)^2} = 1 + 2 * 3.36 * 0.133133 * 0.8 * \sqrt{1 + 10.56} = 3.07$$

Аеродинамички притисак вјетра:

$q_{g,T,10} = q_{m,T,10} G_z = 0.151584 * 3.07 = 0.466\ kN/m^2$

Оптерећење вјетром по висини и по обиму дато је у Табели 2.

Табела 2. Оптерећење вјетром по висини и по обиму јарбола [9].

H [m]	*Kz*	$q_{m,T,10}$ *[kN/m²]*	G_z	*w [kN/m²]*	*Оптерећење вјетра под углом β*				
					0	*15*	*30*	*45*	*60*
					1.00	*0.80*	*0.10*	*-0.90*	*1.90*
10	*1.00*	*0.152*	*3.07*	*1.43*	*1.43*	*1.15*	*0.14*	*-1.29*	*-2.72*
20	*1.21*	*0.184*	*3.07*	*1.74*	*1.74*	*1.39*	*0.17*	*-1.57*	*-3.31*
30	*1.36*	*0.206*	*3.07*	*1.95*	*1.95*	*1.56*	*0.19*	*-1.75*	*-3.70*
40	*1.47*	*0.223*	*3.07*	*2.11*	*2.11*	*1.69*	*0.21*	*-1.90*	*-4.01*
50	*1.57*	*0.238*	*3.07*	*2.25*	*2.25*	*1.80*	*0.22*	*-2.02*	*-4.27*
60	*1.65*	*0.250*	*3.07*	*2.37*	*2.37*	*1.89*	*0.24*	*-2.13*	*-4.50*
70	*1.72*	*0.261*	*3.07*	*2.47*	*2.47*	*1.98*	*0.25*	*-2.22*	*-4.69*
80	*1.79*	*0.271*	*3.07*	*2.56*	*2.56*	*2.05*	*0.26*	*-2.31*	*-4.87*
90	*1.85*	*0.280*	*3.07*	*2.65*	*2.65*	*2.12*	*0.27*	*-2.39*	*-5.04*
100	*1.91*	*0.289*	*3.07*	*2.73*	*2.73*	*2.18*	*0.27*	*-2.46*	*-5.19*
110	*1.96*	*0.297*	*3.07*	*2.80*	*2.80*	*2.24*	*0.28*	*-2.52*	*-5.33*
120	*2.01*	*0.304*	*3.07*	*2.87*	*2.87*	*2.30*	*0.29*	*-2.59*	*-5.46*
130	*2.05*	*0.311*	*3.07*	*2.94*	*2.94*	*2.35*	*0.29*	*-2.64*	*-5.58*
131	*2.06*	*0.312*	*3.07*	*2.94*	*2.94*	*2.36*	*0.29*	*-2.65*	*-5.59*

H [m]	*Kz*	$q_{m,T,10}$ *[kN/m²]*	G_z	*w [kN/m²]*	*Оптерећење вјетра под углом β*			
					75	*90*	*105*	*120*
					-2.50	*-2.60*	*-1.90*	*-0.90*
10	*1.00*	*0.152*	*3.07*	*1.43*	*-3.58*	*-3.73*	*-2.72*	*-1.29*
20	*1.21*	*0.184*	*3.07*	*1.74*	*-4.35*	*-4.52*	*-3.31*	*-1.57*
30	*1.36*	*0.206*	*3.07*	*1.95*	*-4.87*	*-5.07*	*-3.70*	*-1.75*
40	*1.47*	*0.223*	*3.07*	*2.11*	*-5.28*	*-5.49*	*-4.01*	*-1.90*
50	*1.57*	*0.238*	*3.07*	*2.25*	*-5.62*	*-5.85*	*-4.27*	*-2.02*
60	*1.65*	*0.250*	*3.07*	*2.37*	*-5.92*	*-6.15*	*-4.50*	*-2.13*
70	*1.72*	*0.261*	*3.07*	*2.47*	*-6.18*	*-6.42*	*-4.69*	*-2.22*
80	*1.79*	*0.271*	*3.07*	*2.56*	*-6.41*	*-6.67*	*-4.87*	*-2.31*
90	*1.85*	*0.280*	*3.07*	*2.65*	*-6.63*	*-6.89*	*-5.04*	*-2.39*
100	*1.91*	*0.289*	*3.07*	*2.73*	*-6.83*	*-7.10*	*-5.19*	*-2.46*
110	*1.96*	*0.297*	*3.07*	*2.80*	*-7.01*	*-7.29*	*-5.33*	*-2.52*
120	*2.01*	*0.304*	*3.07*	*2.87*	*-7.18*	*-7.47*	*-5.46*	*-2.59*
130	*2.05*	*0.311*	*3.07*	*2.94*	*-7.35*	*-7.64*	*-5.58*	*-2.64*
131	*2.06*	*0.312*	*3.07*	*2.94*	*-7.36*	*-7.66*	*-5.59*	*-2.65*

Табела 2. Оптерећење вјетром по висини и по обиму јарбола (наставак).

H [m]	*Kz*	$q_{m,T,10}$ *[kN/m²]*	G_z	*w [kN/m²]*	*Оптерећење вјетра под углом β*			
					135	*150*	*165*	*180*
					-0.70	*-0.60*	*-0.60*	*-0.60*
10	*1.00*	*0.152*	*3.07*	*1.43*	*-1.00*	*-0.86*	*-0.86*	*-0.86*
20	*1.21*	*0.184*	*3.07*	*1.74*	*-1.22*	*-1.04*	*-1.04*	*-1.04*
30	*1.36*	*0.206*	*3.07*	*1.95*	*-1.36*	*-1.17*	*-1.17*	*-1.17*
40	*1.47*	*0.223*	*3.07*	*2.11*	*-1.48*	*-1.27*	*-1.27*	*-1.27*
50	*1.57*	*0.238*	*3.07*	*2.25*	*-1.57*	*-1.35*	*-1.35*	*-1.35*
60	*1.65*	*0.250*	*3.07*	*2.37*	*-1.66*	*-1.42*	*-1.42*	*-1.42*
70	*1.72*	*0.261*	*3.07*	*2.47*	*-1.73*	*-1.48*	*-1.48*	*-1.48*
80	*1.79*	*0.271*	*3.07*	*2.56*	*-1.80*	*-1.54*	*-1.54*	*-1.54*
90	*1.85*	*0.280*	*3.07*	*2.65*	*-1.86*	*-1.59*	*-1.59*	*-1.59*
100	*1.91*	*0.289*	*3.07*	*2.73*	*-1.91*	*-1.64*	*-1.64*	*-1.64*
110	*1.96*	*0.297*	*3.07*	*2.80*	*-1.96*	*-1.68*	*-1.68*	*-1.68*
120	*2.01*	*0.304*	*3.07*	*2.87*	*-2.01*	*-1.72*	*-1.72*	*-1.72*
130	*2.05*	*0.311*	*3.07*	*2.94*	*-2.06*	*-1.76*	*-1.76*	*-1.76*
131	*2.06*	*0.312*	*3.07*	*2.94*	*-2.06*	*-1.77*	*-1.77*	*-1.77*

– Фаза II, јарбол са плаштом

Фактор временског осредњавања основне брзине вјетра: $k_t = 1.00$

Фактор повратног периода основне брзине вјетра: $k_T = 1.00$ (T=50 година, за инжењерске објекте овог типа узима се повратни период од 50 година)

Фактор топографије терена: $S_z = 1.00$

Пројектна основна брзина вјетра:

$$v_{m,t,10} = k_t k_T v_{m,50,10}^B = 1.0 * 1.0 * 20.0 = 20\ m/s$$

Фактор експозиције:

$$K_z = \sqrt{b}\left(\frac{z}{10}\right)^{0.14} = \left(\frac{z}{10}\right)^{0.28}$$

Основни притисак вјетра:

$$q_{m,T,10} = \frac{1}{2}\rho\left(v_{m,50,10}^B k_t k_T\right)^2 10^{-3} = \frac{1}{2} * 1.205 * (20.0 * 1.0 * 1.0)^2 * 10^{-3}$$
$$= 0.24105\ kN/m^2$$

Осредњени аеродинамички притисак вјетра:

$$q_{m,T,z} = q_{m,T,10} S_z^2 K_z^2 = 0.24105\left(\frac{z}{10}\right)^{0.28}$$

Брзина вјетра на висини: $h = 131\ \rightarrow v_{m,T,130} = 20\left(\frac{131}{10}\right)^{0.28} = 41.10\ m/s$

Редукована брзина вјетра за јарбол са плаштом:

$$Q = \left(\frac{v_{m,T,h}}{n_1 h}\right)^2 = \left(\frac{41.10}{0.34268 * 131}\right)^2 = 0.837444\ m/s$$

n_1- фреквенција слободних непригушених осцилација у првом тону у Hz (преузета из модела у "Tower 6")

Релативно пригушење осциловања конструкције: $\xi = 0.003$ (одговара јарболима [8])

Провјера подложности конструкције резонантном ефекту:

$$\frac{b}{h} = \frac{35.41}{131.0} = 0.313352 > 0.25 \ \rightarrow \left(\frac{R}{B}\right)^2 = \frac{\pi}{4} S \frac{Q^{\frac{4}{3}}}{\xi}$$

Фактор спектралне енергије вјетра S'

$$\frac{h}{2\,L} = \frac{131}{2 * 60} = 1.092 \ \rightarrow S' = 0.025, B = 0.6$$

B - фактор просторне корелације брзине вјетра

R - резонантни фактор

$$\left(\frac{R}{B}\right)^2 = \frac{\pi}{4} S \frac{Q^{\frac{4}{3}}}{\xi} = \frac{\pi}{4} * 0.025 * \frac{1.036^{\frac{4}{3}}}{0.003} = 5.166 > 0.5$$

Конструкција је подложна резонатнтном одговору - спада у витке конструкције

$$v_t = \frac{n_1 t \left(\frac{R}{B}\right)}{\left[1 + \left(\frac{R}{B}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{0.34268 * 3600 * \sqrt{2.273}}{[1 + 5.166]^{\frac{1}{2}}} = 454.97$$

$$g = \sqrt{2 \ln v_t} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln v_t}} = \sqrt{2 \ln(\,454.97)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(454.97)}} = 3.55$$

g - ударни коефицијент

Интензитет турболенције (за $z = \frac{h}{2} = \frac{131}{2} = 65.5\ m$):

$$I_z = \sqrt{\left(\frac{a}{b}\right)\left(\frac{10}{z}\right)^{\alpha}} = \sqrt{\left(\frac{0.03}{1.0}\right)\left(\frac{10}{65.5}\right)^{0.14}} = 0.133133$$

Динамички коефицијент вјетра:

$$G_z = 1 + 2\ g\ I_z\ B \sqrt{1 + \left(\frac{R}{B}\right)^2} = 1 + 2 * 3.55 * 0.133133 * 0.8 * \sqrt{1 + 5.166} = 2.41$$

Аеродинамички притисак вјетра:

$$q_{g,T,10} = q_{m,T,10} G_z = 0.24105 * 2.41 = 0.580129 kN/m^2$$

Оптерећење вјетром по висини и по обиму дато је у Табели 3.

Табела 3. Оптерећење вјетром по висини и по обиму у чворовима плашта [9].

H [m]	*Kz*	$q_{m,T,10}$ *[kN/m²]*	G_z	*w [kN/m²]*	*Оптерећење вјетром под углом β*			*Режим рада*
					(0-30)	*(30-120)*	*(120-180)*	
					1.00	*-1.25*	*-0.40*	*-0.50*
5.27	*1.00*	*1.09*	*2.41*	*2.61*	*2.61*	*-3.27*	*-1.05*	*-1.31*
10.08	*1.00*	*2.14*	*2.41*	*5.16*	*5.16*	*-6.45*	*-2.06*	*-2.58*
14.49	*1.06*	*2.02*	*2.41*	*4.86*	*4.86*	*-6.08*	*-1.95*	*-2.43*
18.55	*1.15*	*1.92*	*2.41*	*4.62*	*4.62*	*-5.78*	*-1.85*	*-2.31*
22.31	*1.22*	*1.80*	*2.41*	*4.34*	*4.34*	*-5.43*	*-1.74*	*-2.17*
25.81	*1.28*	*1.69*	*2.41*	*4.06*	*4.06*	*-5.08*	*-1.62*	*-2.03*
29.07	*1.33*	*1.57*	*2.41*	*3.79*	*3.79*	*-4.74*	*-1.52*	*-1.89*
32.12	*1.37*	*1.47*	*2.41*	*3.53*	*3.53*	*-4.42*	*-1.41*	*-1.77*
34.99	*1.40*	*1.37*	*2.41*	*3.30*	*3.30*	*-4.13*	*-1.32*	*-1.65*
37.70	*1.44*	*1.28*	*2.41*	*3.09*	*3.09*	*-3.86*	*-1.24*	*-1.54*
40.26	*1.46*	*1.20*	*2.41*	*2.89*	*2.89*	*-3.62*	*-1.16*	*-1.45*
42.69	*1.49*	*1.13*	*2.41*	*2.72*	*2.72*	*-3.40*	*-1.09*	*-1.36*
45.00	*1.51*	*1.06*	*2.41*	*2.56*	*2.56*	*-3.20*	*-1.02*	*-1.28*
47.20	*1.53*	*1.00*	*2.41*	*2.42*	*2.42*	*-3.02*	*-0.97*	*-1.21*
49.30	*1.55*	*0.95*	*2.41*	*2.29*	*2.29*	*-2.86*	*-0.92*	*-1.14*
51.32	*1.57*	*0.90*	*2.41*	*2.17*	*2.17*	*-2.71*	*-0.87*	*-1.09*
53.25	*1.59*	*0.86*	*2.41*	*2.06*	*2.06*	*-2.58*	*-0.83*	*-1.03*
55.11	*1.61*	*0.82*	*2.41*	*1.97*	*1.97*	*-2.46*	*-0.79*	*-0.98*
56.91	*1.62*	*0.78*	*2.41*	*1.88*	*1.88*	*-2.35*	*-0.75*	*-0.94*
58.64	*1.63*	*0.75*	*2.41*	*1.80*	*1.80*	*-2.25*	*-0.72*	*-0.90*
60.32	*1.65*	*0.72*	*2.41*	*1.73*	*1.73*	*-2.16*	*-0.69*	*-0.87*
61.95	*1.66*	*0.69*	*2.41*	*1.67*	*1.67*	*-2.08*	*-0.67*	*-0.83*
63.53	*1.67*	*0.67*	*2.41*	*1.61*	*1.61*	*-2.01*	*-0.64*	*-0.80*
65.07	*1.68*	*0.65*	*2.41*	*1.55*	*1.55*	*-1.94*	*-0.62*	*-0.78*
66.57	*1.69*	*0.63*	*2.41*	*1.51*	*1.51*	*-1.88*	*-0.60*	*-0.75*
68.04	*1.71*	*0.61*	*2.41*	*1.46*	*1.46*	*-1.83*	*-0.59*	*-0.73*
69.47	*1.72*	*0.59*	*2.41*	*1.42*	*1.42*	*-1.78*	*-0.57*	*-0.71*
70.87	*1.73*	*0.58*	*2.41*	*1.39*	*1.39*	*-1.74*	*-0.56*	*-0.70*
72.25	*1.74*	*0.56*	*2.41*	*1.36*	*1.36*	*-1.70*	*-0.54*	*-0.68*
73.61	*1.74*	*0.55*	*2.41*	*1.33*	*1.33*	*-1.66*	*-0.53*	*-0.67*
74.94	*1.75*	*0.54*	*2.41*	*1.31*	*1.31*	*-1.63*	*-0.52*	*-0.65*
76.25	*1.76*	*0.53*	*2.41*	*1.29*	*1.29*	*-1.61*	*-0.51*	*-0.64*
77.55	*1.77*	*0.53*	*2.41*	*1.27*	*1.27*	*-1.58*	*-0.51*	*-0.63*
78.83	*1.78*	*0.52*	*2.41*	*1.25*	*1.25*	*-1.57*	*-0.50*	*-0.63*
80.10	*1.79*	*0.52*	*2.41*	*1.24*	*1.24*	*-1.55*	*-0.50*	*-0.62*
81.36	*1.79*	*0.51*	*2.41*	*1.23*	*1.23*	*-1.54*	*-0.49*	*-0.61*
82.61	*1.80*	*0.51*	*2.41*	*1.22*	*1.22*	*-1.53*	*-0.49*	*-0.61*

83.86	*1.81*	*0.51*	*2.41*	*1.22*	*1.22*	*-1.52*	*-0.49*	*-0.61*
85.09	*1.82*	*0.50*	*2.41*	*1.21*	*1.21*	*-1.52*	*-0.49*	*-0.61*
86.33	*1.82*	*0.50*	*2.41*	*1.21*	*1.21*	*-1.52*	*-0.49*	*-0.61*
87.56	*1.83*	*0.51*	*2.41*	*1.22*	*1.22*	*-1.52*	*-0.49*	*-0.61*
88.79	*1.84*	*0.51*	*2.41*	*1.22*	*1.22*	*-1.53*	*-0.49*	*-0.61*
90.02	*1.85*	*0.51*	*2.41*	*1.23*	*1.23*	*-1.53*	*-0.49*	*-0.61*
91.26	*1.85*	*0.51*	*2.41*	*1.24*	*1.24*	*-1.55*	*-0.49*	*-0.62*
92.50	*1.86*	*0.52*	*2.41*	*1.25*	*1.25*	*-1.56*	*-0.50*	*-0.62*
93.74	*1.87*	*0.53*	*2.41*	*1.26*	*1.26*	*-1.58*	*-0.51*	*-0.63*
95.00	*1.87*	*0.53*	*2.41*	*1.28*	*1.28*	*-1.60*	*-0.51*	*-0.64*
96.26	*1.88*	*0.54*	*2.41*	*1.30*	*1.30*	*-1.63*	*-0.52*	*-0.65*
97.54	*1.89*	*0.55*	*2.41*	*1.33*	*1.33*	*-1.66*	*-0.53*	*-0.66*
98.83	*1.90*	*0.56*	*2.41*	*1.35*	*1.35*	*-1.69*	*-0.54*	*-0.68*
100.13	*1.90*	*0.58*	*2.41*	*1.38*	*1.38*	*-1.73*	*-0.55*	*-0.69*
101.46	*1.91*	*0.59*	*2.41*	*1.42*	*1.42*	*-1.77*	*-0.57*	*-0.71*
102.80	*1.92*	*0.61*	*2.41*	*1.46*	*1.46*	*-1.82*	*-0.58*	*-0.73*
104.17	*1.92*	*0.62*	*2.41*	*1.50*	*1.50*	*-1.88*	*-0.60*	*-0.75*
105.56	*1.93*	*0.64*	*2.41*	*1.55*	*1.55*	*-1.94*	*-0.62*	*-0.77*
106.98	*1.94*	*0.67*	*2.41*	*1.60*	*1.60*	*-2.00*	*-0.64*	*-0.80*
108.43	*1.95*	*0.69*	*2.41*	*1.66*	*1.66*	*-2.08*	*-0.66*	*-0.83*
109.92	*1.95*	*0.72*	*2.41*	*1.73*	*1.73*	*-2.16*	*-0.69*	*-0.86*
111.44	*1.96*	*0.75*	*2.41*	*1.80*	*1.80*	*-2.25*	*-0.72*	*-0.90*
113.00	*1.97*	*0.38*	*2.41*	*0.93*	*0.93*	*-1.16*	*-0.37*	*-0.46*

5.2.5. Температурни утицаји

Претпостављено је да је температура градње око 20 °C. Највиша забиљежена температура на подручју општине Угљевик износила је 35 °C, док је најнижа забиљежена температура износила -26 °C.

У разматрање су узета два случаја утицаја од температуру:

- Висока температура за директну изложеност сунцу од +50 °C у односу на температуру градње.
- Ниска спољашња температура за случај да расхладни торањ није у режиму рада (мала вјероватноћа) од -50 °C.

Због малих димензија попречног пресјека, утицај температурне разлике није узет у разматрање.

5.2.6. Утицаји снијега и леда

Према [10]: Оптерећење од снијега за нагибе веће од >60°C: $S = 0\ kN/m^2$

Опасност од појављивања леда је мала (надморска висина објекта $h < 400\ m$).

Дебљина наслаге леда: $s = 0.02\ m$

Густина леда: $\rho_e = 300\ kg/m^3$

Коефицијент за залеђеност конструктивног дијела: $K = \frac{1}{\sqrt[4]{d*100}} = 0.99$

Расподијељена маса леда: $m_e = \pi * s * \rho_e * (d + s) * K = 1.03\ kg/m^1$

Из разлога константног рада торња у зимским условима и високе температуре око њега, такође и мале тежине леда у односу на сопствену тежину ужета, појава леда није узета у разматрање приликом димензионисања.

5.2.7. Оптерећење плоче на врху стуба

- Сопствена тежина плоче (d=25 cm).....6.25 kN/m^2
- Хидроизолација и заштита хидроизолације.....1.00 kN/m^2
- Претпостављено покретно оптерећење (за вријеме преднапрезања).....2.00 kN/m^2

5.3. Статички утицаји и димензионисање

5.3.1. Димензионисање бетонских и челичних елемената конструкције примјеном програма "Tower 6".

Ulazni podaci - Konstrukcija - Faza I - Jarbol bez plašta

Sema nivoa

Titulli	z [m]	h [m]
Vrh stuba	131.00	131.00
Vrh bazena	0.00	2.00

Temeljna ploča	-2.00	

Tabela materijala

No	Naziv materijala	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Betoni C25/30	3.150e+7	0.20	25.00	1.000e-5	3.150e+7	0.20
2	Betoni C30/37	3.400e+7	0.20	25.00	1.000e-5	3.400e+7	0.20

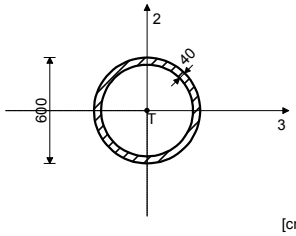
Setovi ploca

No	d[m]	e[m]	Materijal	Tip proracuna	Ortotropija	E2[kN/m2]	G[kN/m2]	α
<1>	0.600	0.300	1	Tanka ploca	Izotropna			
<2>	2.000	0.300	1	Tanka ploca	Izotropna			
<3>	0.2500	0.300	1	Tanka ploca	Izotropna			

Setovi greda

@1@Set: 1 Presek: D=600/40, Fiktivna ekscentricnost

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Betoni C30/37	7.037e+0	3.770e+0	3.770e+0	5.545e+1	2.773e+1	2.773e+1



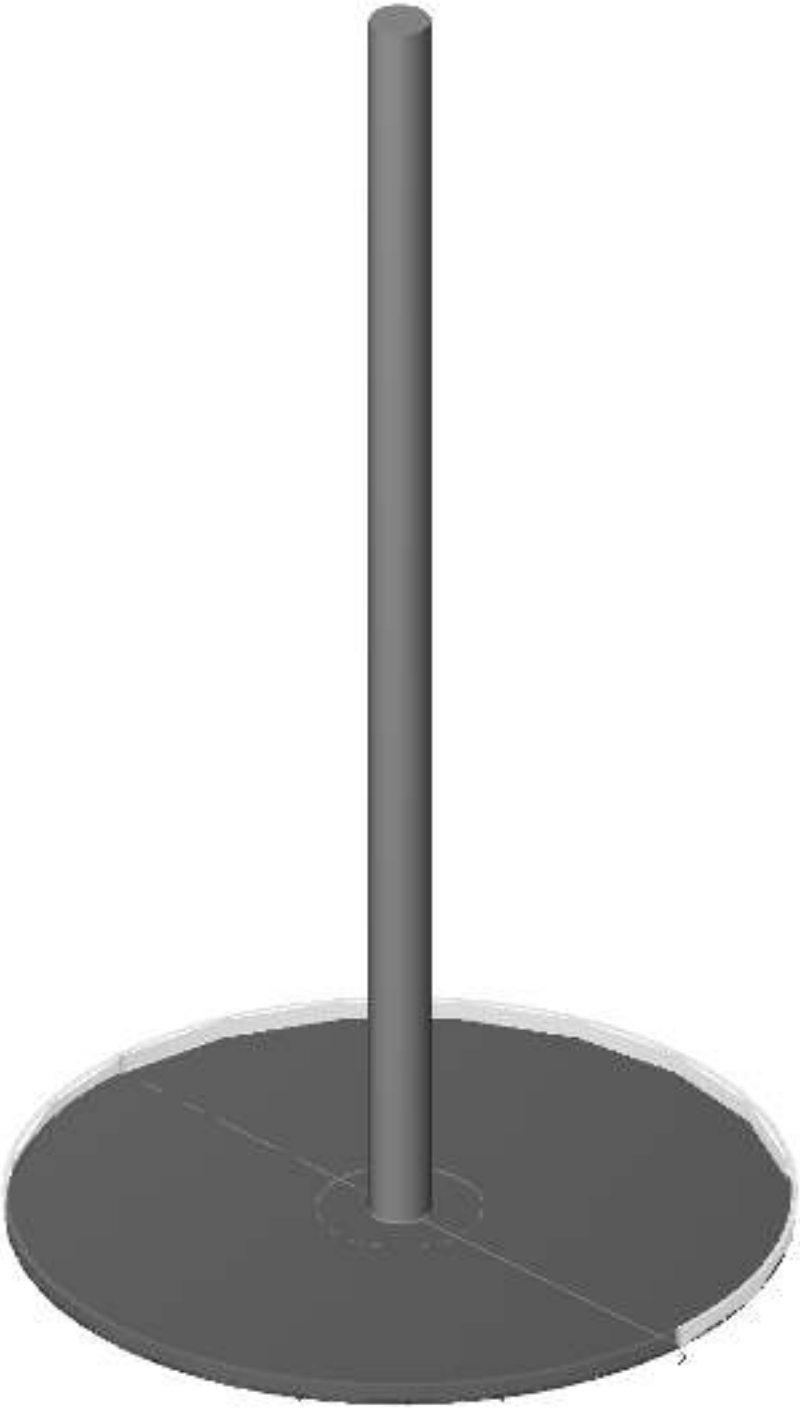
[cm]

Konture greda @1@Set 1. D=600/40

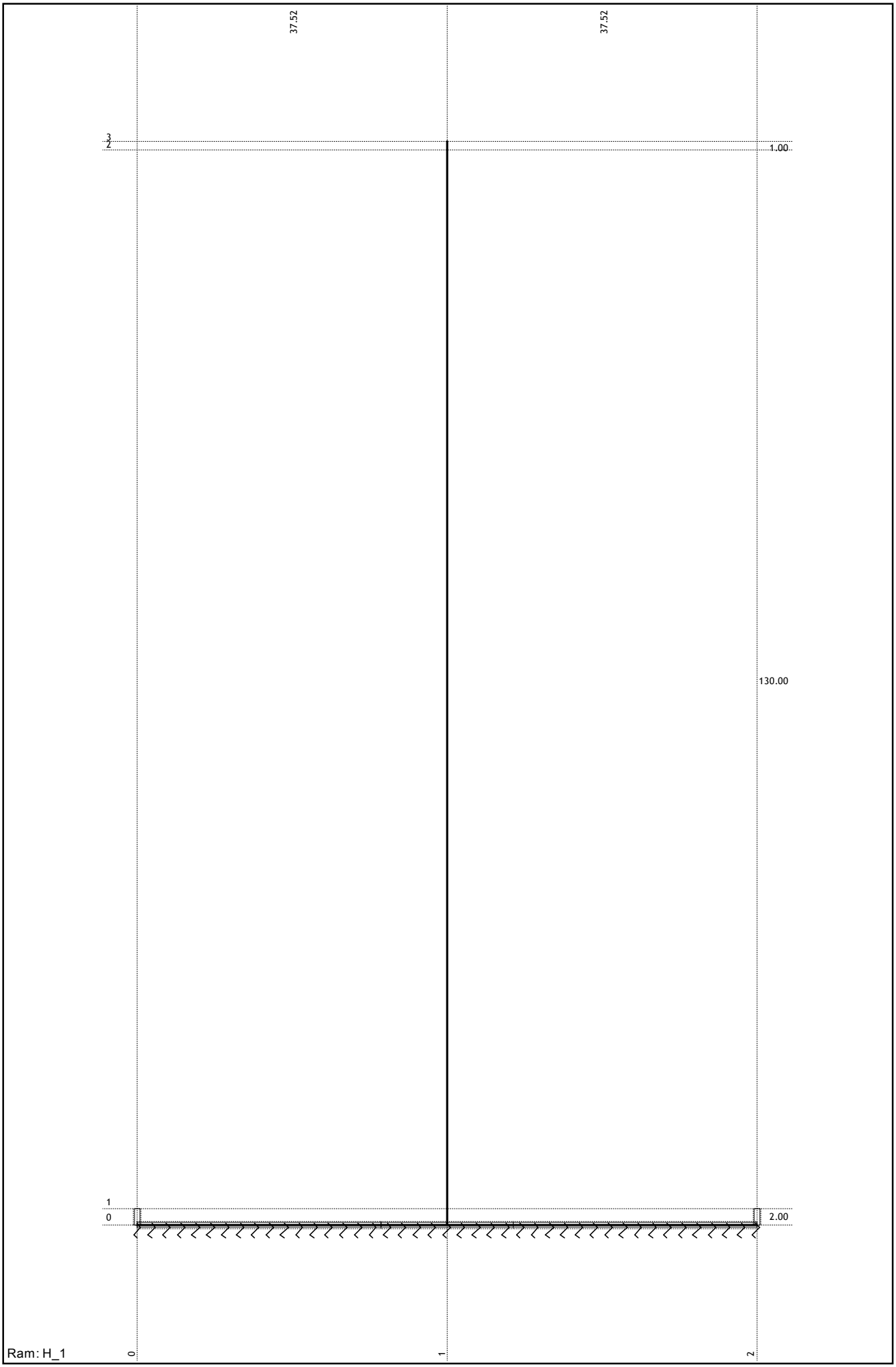
No	Cvor I	Cvor J	Oslobadjanje uticaja												M	Ozn. pozicije
			Cvor I						Cvor J							
			M1	M2	M3	N1	T2	T3	M1	M2	M3	N1	T2	T3		
1	5151	2540														

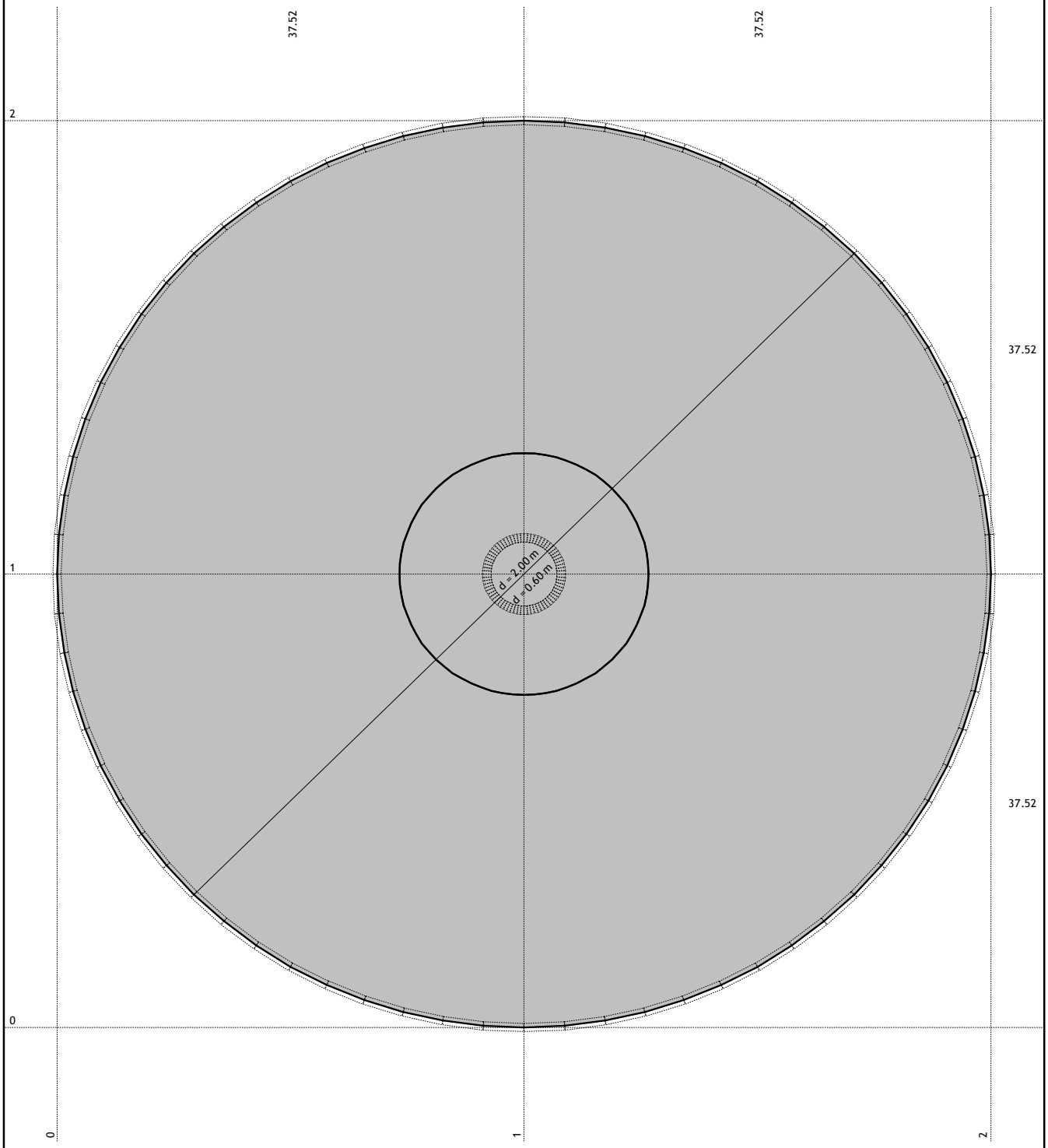
Konture povrsinskih oslonaca

No	Konturni cvorovi	Sklop	@1@ Set
1	4553~540~539~4552~4553	Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]	1



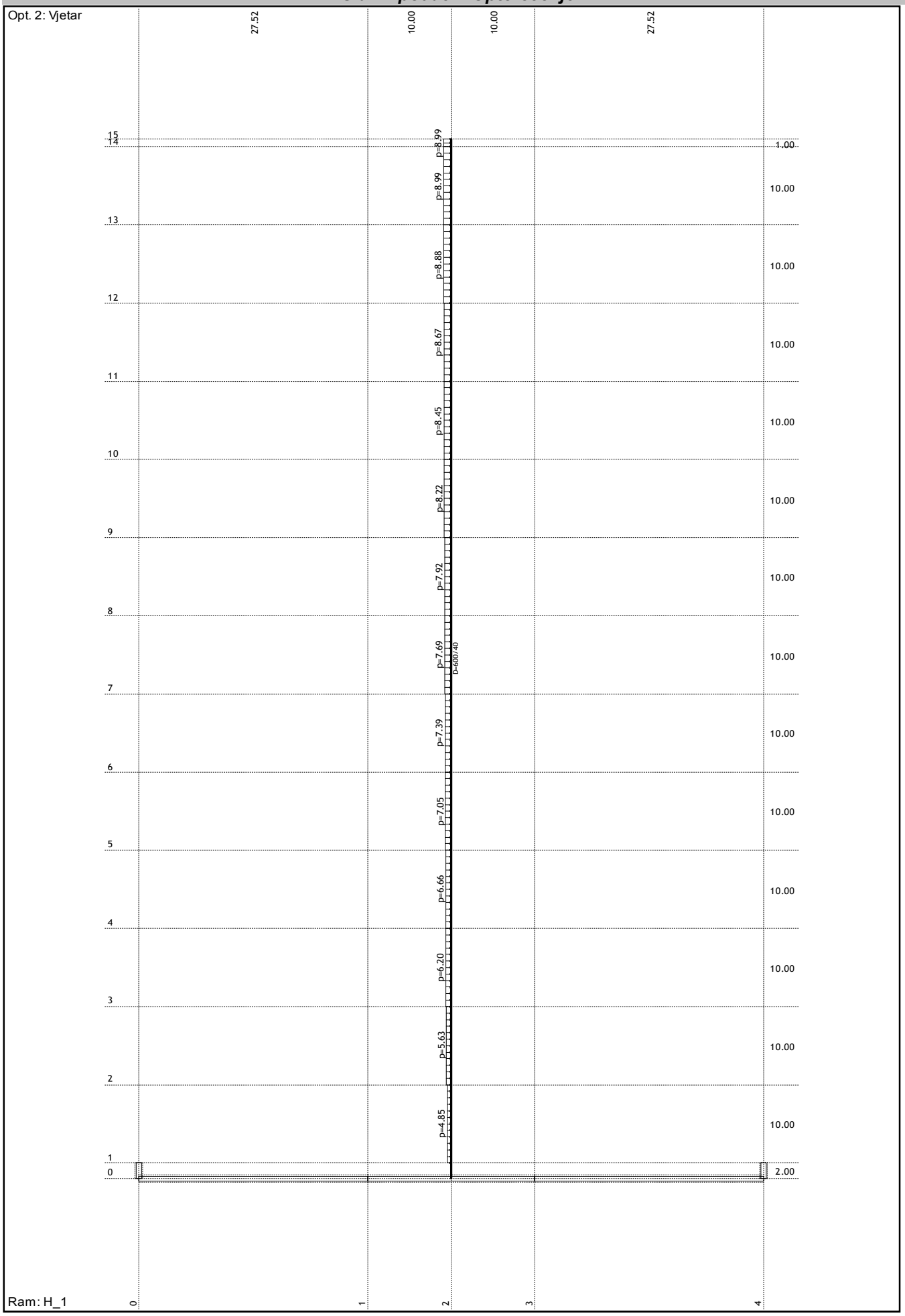
Izometrija (Front)


37.52
37.52
3
2
1.00
130.00
1
0
2.00
Ram: H_1
0
1
2

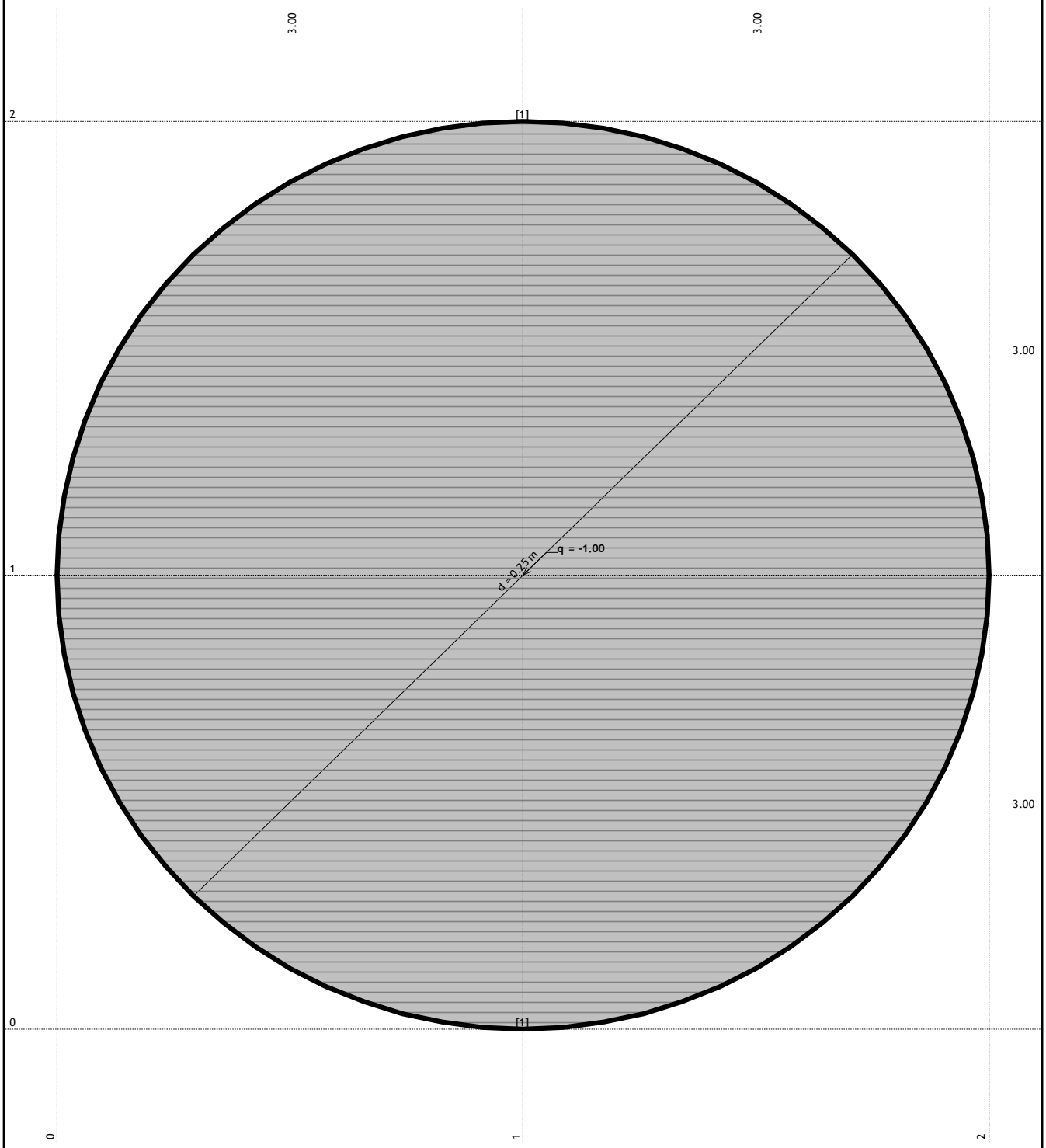


Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]

Ulazni podaci - Opterecenje

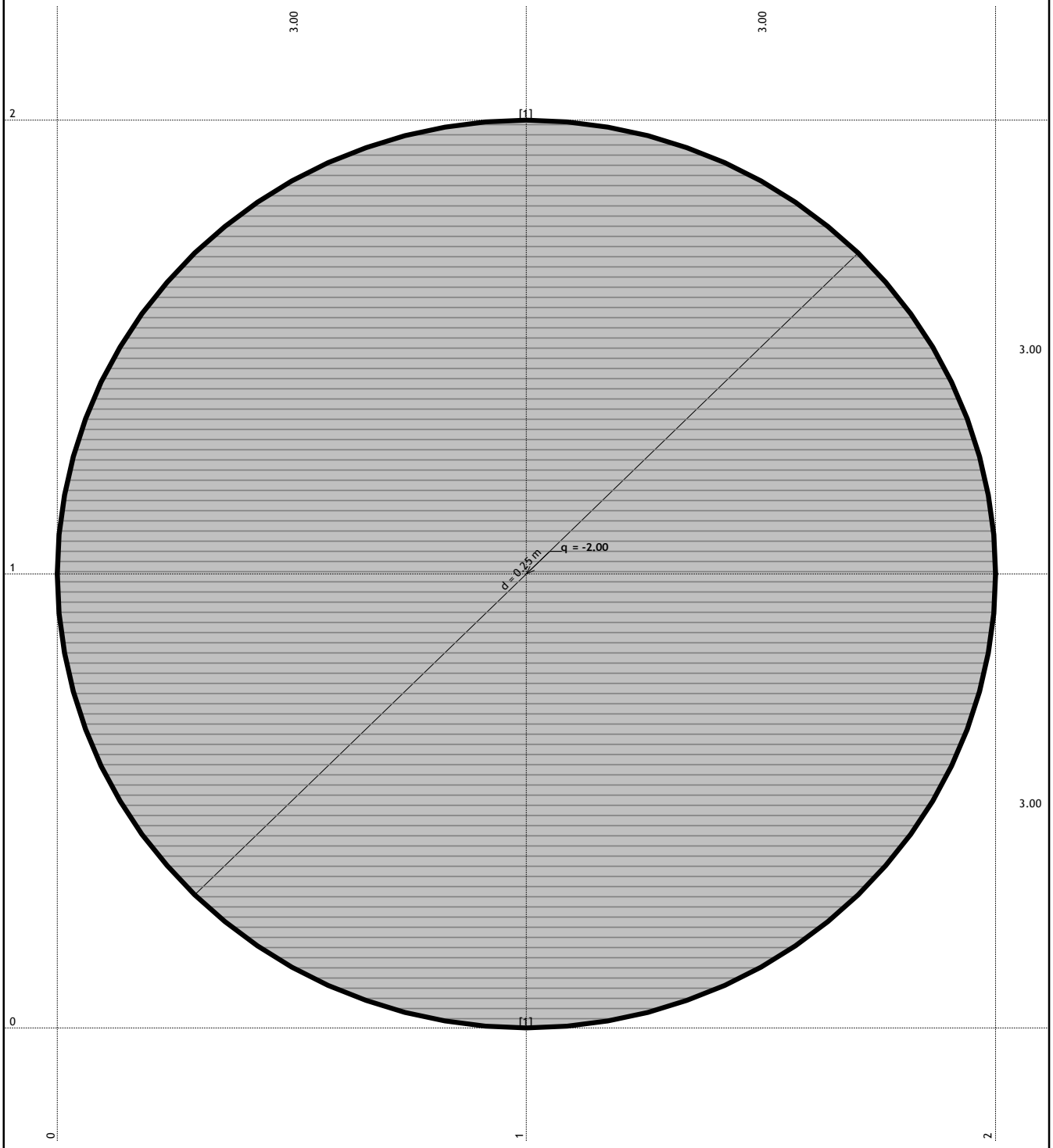


Opt. 1: Stalno (g)



Ploča na vrhu jarbola

Opt. 2: Povremeno



Ploča na vrhu jarbola

Napredne opcije seizmickog proracuna:

Mase grupisane u nivoima izabranih tavanica
Multiplikator krutosti oslonaca: 10000.000
Spreceno oscilovanje u Z pravcu

Faktori opterecenja za proracun masa

No	Titulli	Koeficienti
1	Sopstvena težina (g)	1.00
2	Vjetar	0.00

Raspored masa po visini objekta

Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]	Masa [T]	T/m2
	131.00	-0.00	-0.00	162.68	
	113.00	-0.00	-0.00	180.76	
	111.44	-0.00	-0.00	36.15	
	109.92	0.00	0.00	0.00	
	108.43	-0.00	-0.00	36.15	
	106.98	-0.00	-0.00	36.15	
	105.56	0.00	0.00	0.00	
	104.17	-0.00	-0.00	36.15	
	102.80	-0.00	-0.00	36.15	
	101.46	0.00	0.00	0.00	
	100.13	-0.00	-0.00	36.15	
	98.83	-0.00	-0.00	36.15	
	97.54	0.00	0.00	0.00	
	96.26	-0.00	-0.00	36.15	
	95.00	-0.00	-0.00	36.15	
	93.74	0.00	0.00	0.00	
	92.50	-0.00	-0.00	36.15	
	91.26	-0.00	-0.00	36.15	
	90.02	0.00	0.00	0.00	
	88.79	-0.00	-0.00	36.15	
	87.56	0.00	0.00	0.00	
	86.33	-0.00	-0.00	36.15	
	85.09	-0.00	-0.00	36.15	
	83.86	0.00	0.00	0.00	
	82.61	-0.00	-0.00	36.15	
	81.36	0.00	0.00	0.00	
	80.10	-0.00	-0.00	36.15	
	78.83	-0.00	-0.00	36.15	
	77.55	0.00	0.00	0.00	
	76.25	-0.00	-0.00	36.15	
	74.94	-0.00	-0.00	36.15	
	73.61	0.00	0.00	0.00	
	72.25	-0.00	-0.00	36.15	
	70.87	-0.00	-0.00	36.15	
	69.47	0.00	0.00	0.00	
	68.04	-0.00	-0.00	36.15	
	66.57	-0.00	-0.00	36.15	
	65.07	-0.00	-0.00	36.15	
	63.53	0.00	0.00	0.00	
	61.95	-0.00	-0.00	36.15	
	60.32	-0.00	-0.00	36.15	
	58.64	-0.00	-0.00	36.15	
	56.91	-0.00	-0.00	36.15	
	55.11	-0.00	-0.00	36.15	
	53.25	-0.00	-0.00	36.15	
	51.32	-0.00	-0.00	36.15	
	49.30	-0.00	-0.00	36.15	
	47.20	-0.00	-0.00	36.15	
	45.00	-0.00	-0.00	36.15	
	42.69	-0.00	-0.00	36.15	
	40.26	-0.00	-0.00	36.15	
	37.70	-0.00	-0.00	36.15	
	34.99	-0.00	-0.00	72.30	
	32.12	-0.00	-0.00	36.15	
	29.07	-0.00	-0.00	72.30	
	25.80	-0.00	-0.00	72.30	
	22.31	-0.00	-0.00	36.15	
	18.55	-0.00	-0.00	72.30	
	14.49	-0.00	-0.00	72.30	
	10.08	-0.00	-0.00	108.45	
	5.27	-0.00	-0.00	8362.46	
Ukupno:	18.66	-0.00	-0.00	10585.77	

Polozaj centara krutosti po visini objekta

Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]
	131.00	-0.00	-0.00
	113.00	-0.00	-0.00
	111.44	-0.00	-0.00
	109.92	-0.00	-0.00
	108.43	-0.00	-0.00
	106.98	-0.00	-0.00
	105.56	-0.00	-0.00
	104.17	-0.00	-0.00
	102.80	-0.00	-0.00
	101.46	-0.00	-0.00
	100.13	-0.00	-0.00
	98.83	-0.00	-0.00
	97.54	-0.00	-0.00
	96.26	-0.00	-0.00
	95.00	-0.00	-0.00
	93.74	-0.00	-0.00
	92.50	-0.00	-0.00
	91.26	-0.00	-0.00
	90.02	-0.00	-0.00
	88.79	-0.00	-0.00
	87.56	-0.00	-0.00
	86.33	-0.00	-0.00
	85.09	-0.00	-0.00
	83.86	-0.00	-0.00
	82.61	-0.00	-0.00
	81.36	-0.00	-0.00
	80.10	-0.00	-0.00
	78.83	-0.00	-0.00
	77.55	-0.00	-0.00
	76.25	-0.00	-0.00
	74.94	-0.00	-0.00
	73.61	-0.00	-0.00

	72.25	-0.00	-0.00
	70.87	-0.00	-0.00
	69.47	-0.00	-0.00
	68.04	-0.00	-0.00
	66.57	-0.00	-0.00
	65.07	-0.00	-0.00
	63.53	-0.00	-0.00
	61.95	-0.00	-0.00
	60.32	-0.00	-0.00
	58.64	-0.00	-0.00
	56.91	-0.00	-0.00
	55.11	-0.00	-0.00
	53.25	-0.00	-0.00
	51.32	-0.00	-0.00
	49.30	-0.00	-0.00

	47.20	-0.00	-0.00
	45.00	-0.00	-0.00
	42.69	-0.00	-0.00
	40.26	-0.00	-0.00
	37.70	-0.00	-0.00
	34.99	-0.00	-0.00
	32.12	-0.00	-0.00
	29.07	-0.00	-0.00
	25.80	-0.00	-0.00
	22.31	-0.00	-0.00
	18.55	-0.00	-0.00
	14.49	-0.00	-0.00
	10.08	-0.00	-0.00
	5.27	-0.00	-0.00

Ekscentricitet po visini objekta

Nivo	Z [m]	eox [m]	eoy [m]
	130.30	0.00	0.00
	113.00	0.00	0.00
	111.44	0.00	0.00
	109.92	0.00	0.00
	108.43	0.00	0.00
	106.98	0.00	0.00
	105.56	0.00	0.00
	104.17	0.00	0.00
	102.80	0.00	0.00
	101.46	0.00	0.00
	100.13	0.00	0.00
	98.83	0.00	0.00
	97.54	0.00	0.00
	96.26	0.00	0.00
	95.00	0.00	0.00
	93.74	0.00	0.00
	92.50	0.00	0.00
	91.26	0.00	0.00
	90.02	0.00	0.00
	88.79	0.00	0.00
	87.56	0.00	0.00
	86.33	0.00	0.00
	85.09	0.00	0.00
	83.86	0.00	0.00
	82.61	0.00	0.00
	81.36	0.00	0.00
	80.10	0.00	0.00
	78.83	0.00	0.00
	77.55	0.00	0.00
	76.25	0.00	0.00
	74.94	0.00	0.00
	73.61	0.00	0.00
	72.25	0.00	0.00

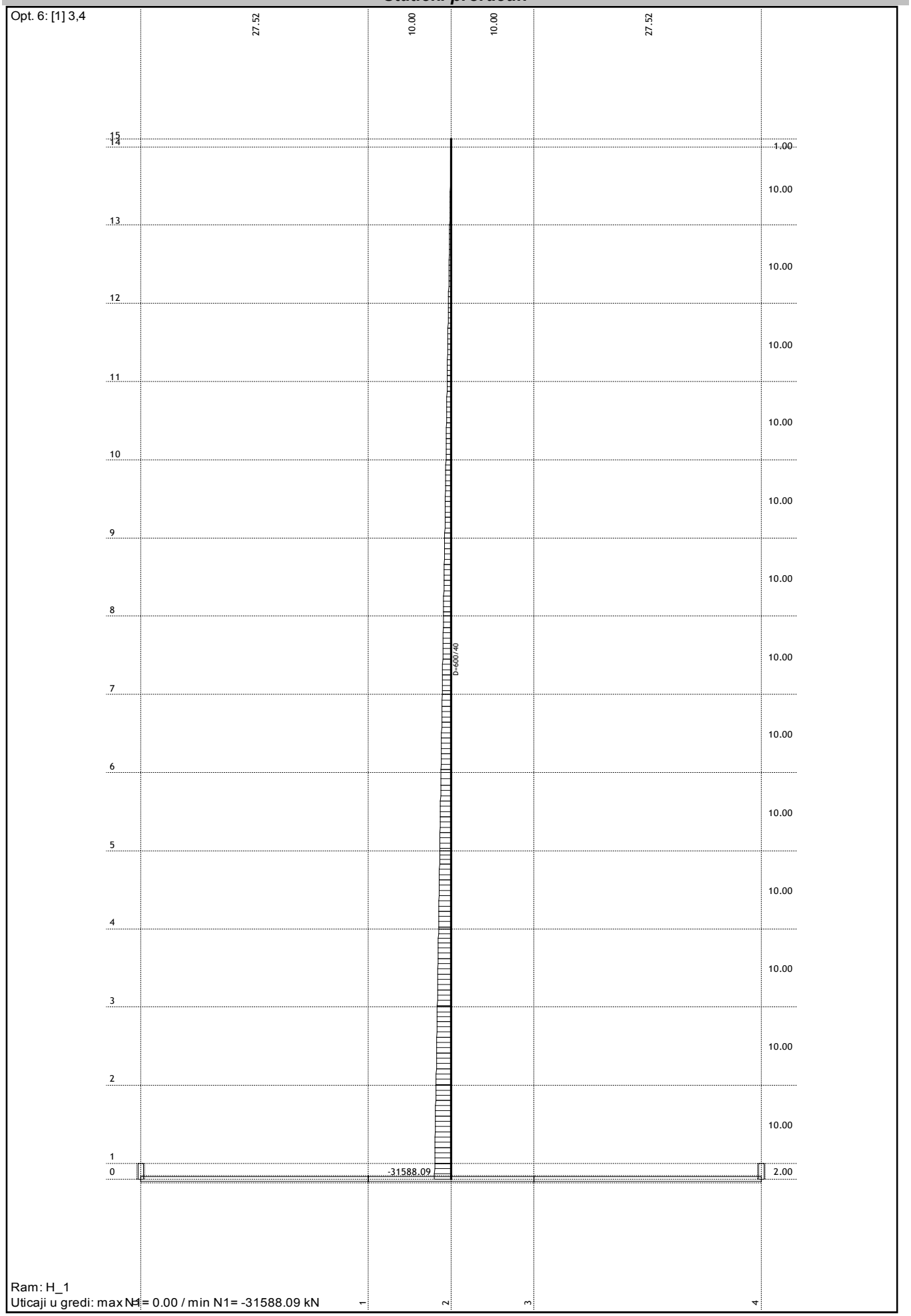
	70.87	0.00	0.00
	69.47	0.00	0.00
	68.04	0.00	0.00
	66.57	0.00	0.00
	65.07	0.00	0.00
	63.53	0.00	0.00
	61.95	0.00	0.00
	60.32	0.00	0.00
	58.64	0.00	0.00
	56.91	0.00	0.00
	55.11	0.00	0.00
	53.25	0.00	0.00
	51.32	0.00	0.00
	49.30	0.00	0.00
	47.20	0.00	0.00
	45.00	0.00	0.00
	42.69	0.00	0.00
	40.26	0.00	0.00
	37.70	0.00	0.00
	34.99	0.00	0.00
	32.12	0.00	0.00
	29.07	0.00	0.00
	25.80	0.00	0.00
	22.31	0.00	0.00
	18.55	0.00	0.00
	14.49	0.00	0.00
	10.08	0.00	0.00
	5.27	0.00	0.00

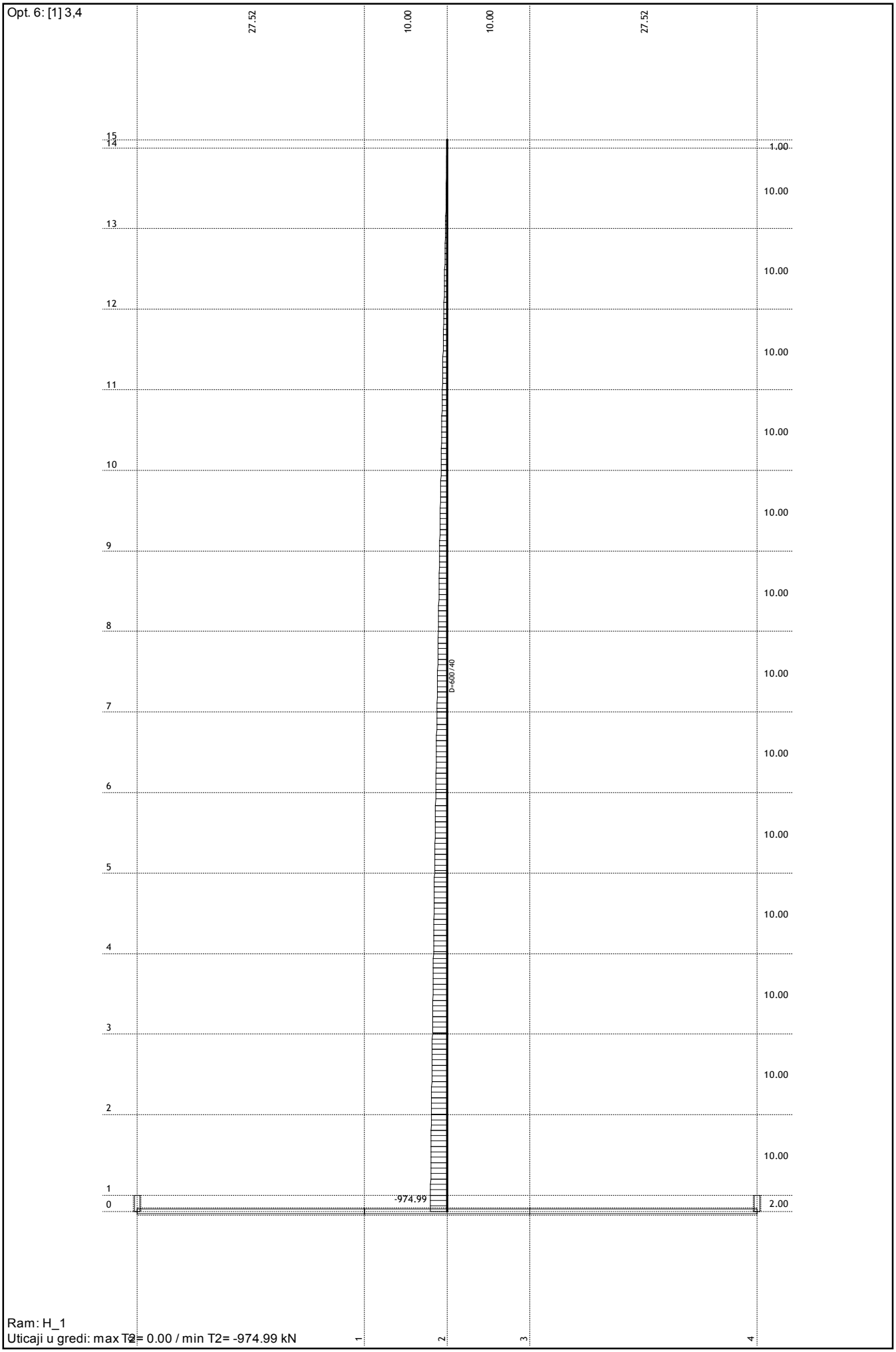
Periodi oscilovanja konstrukcije

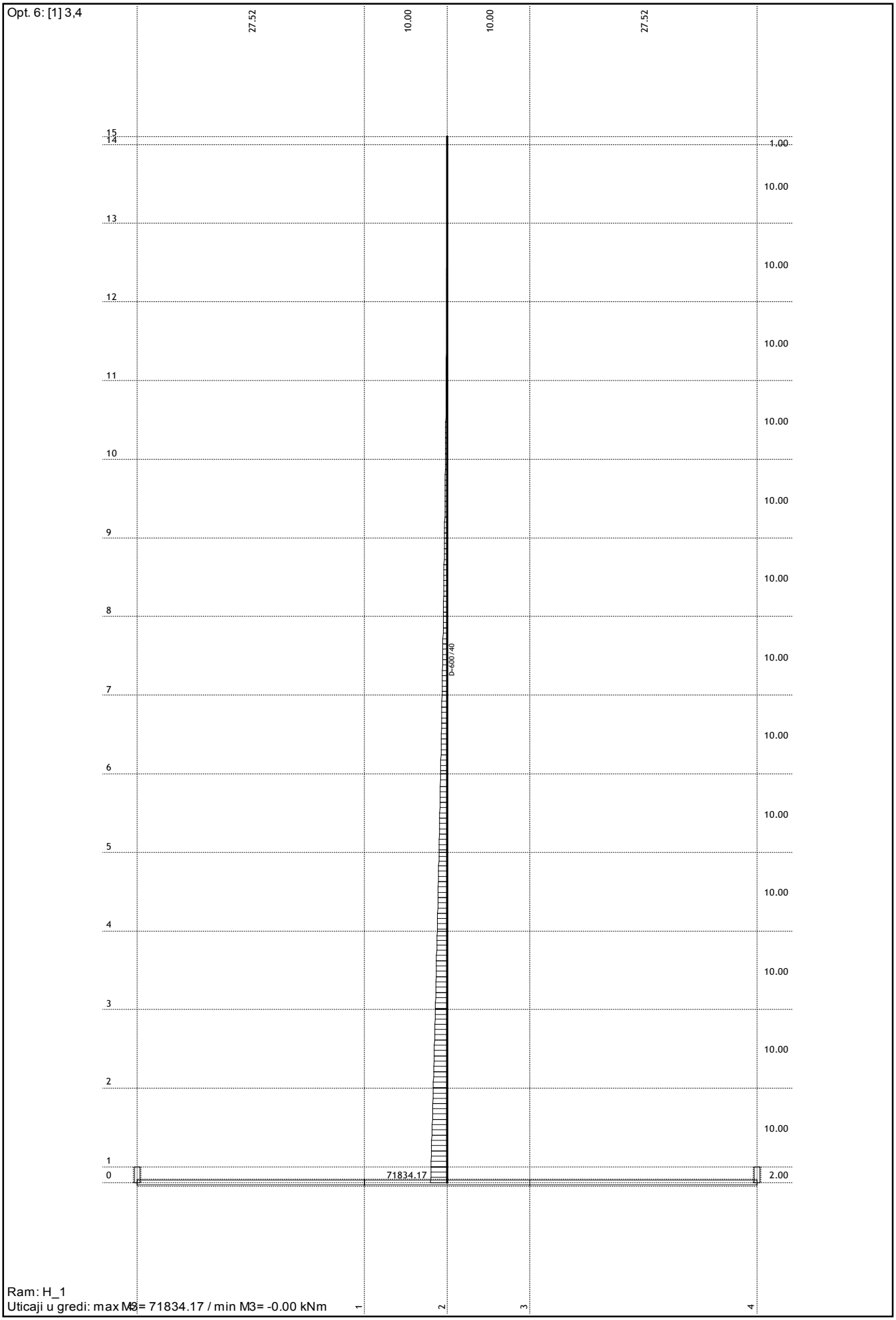
No	T [s]	f [Hz]
1	4.6983	0.2128
2	4.6983	0.2128
3	0.7524	1.3291

Lista slucajeva opterećenja

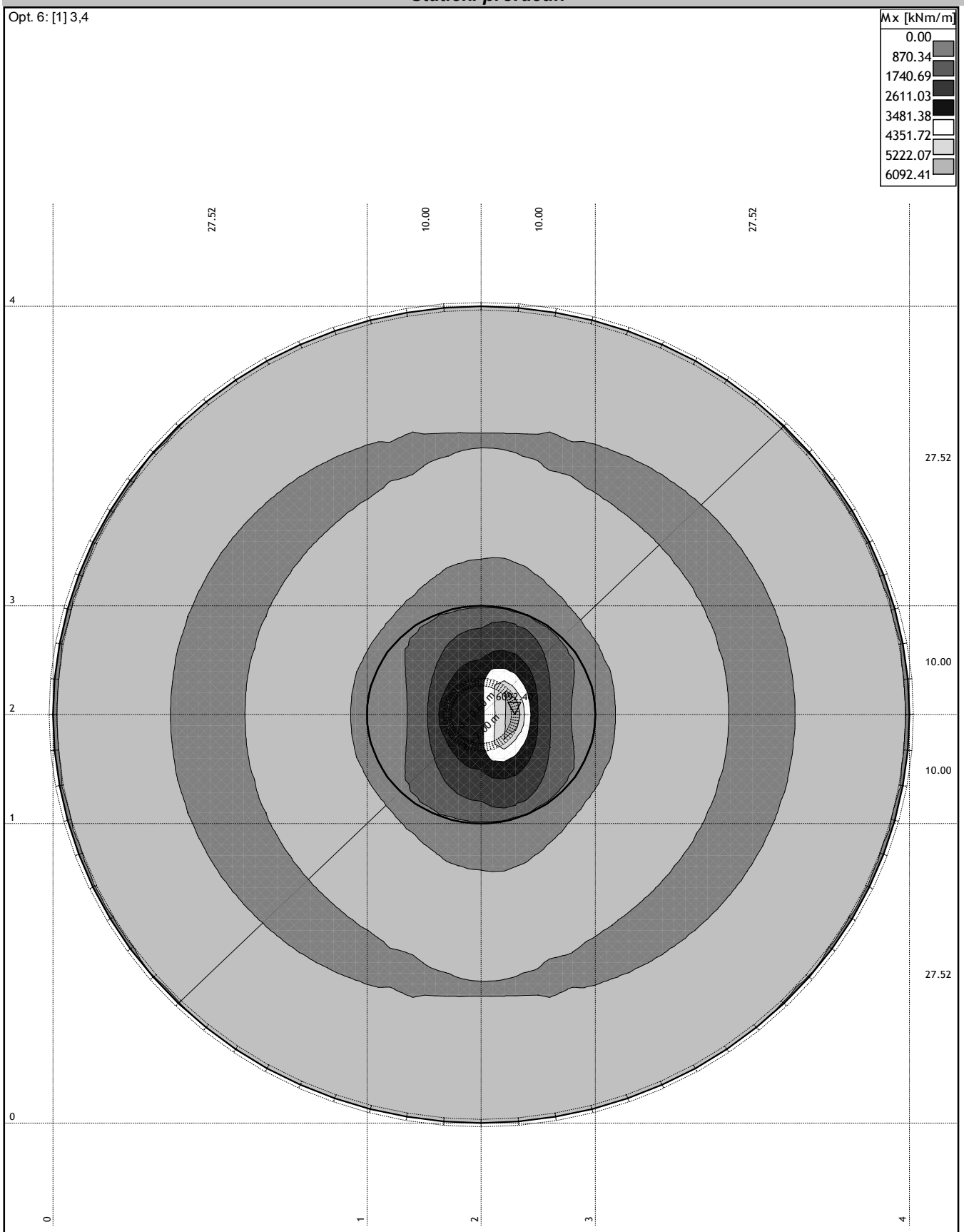
No	Titulli
1	Sopstvena težina (g)
2	Vjetar
3	Komb.: I+II
4	Komb.: I


Opt. 6: [1] 3,4
27.52
10.00
10.00
27.52
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
1.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
2.00
D=600/40
-31588.09
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max N1= 0.00 / min N1= -31588.09 kN
1
2
3
4


Opt. 6: [1] 3,4
27.52
10.00
10.00
27.52
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
1.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
2.00
D=600 / 40
-974.99
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max T2= 0.00 / min T2= -974.99 kN
1
2
3
4

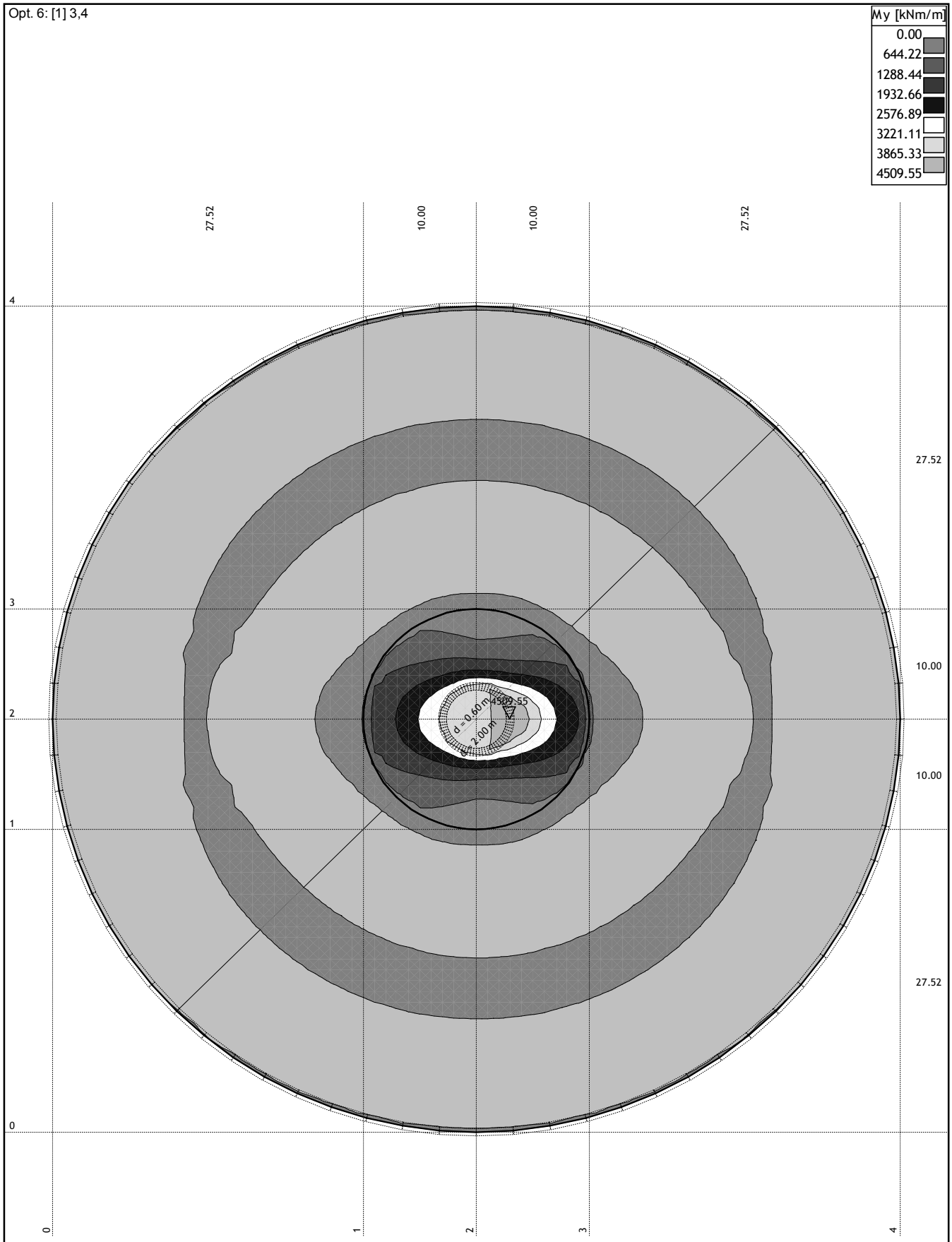

Opt. 6: [1] 3,4
27.52
10.00
10.00
27.52
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
1.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
10.00
2.00
D-600/40
71834.17
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max M3= 71834.17 / min M3= -0.00 kNm
1
2
3
4

Opt. 6: [1] 3,4



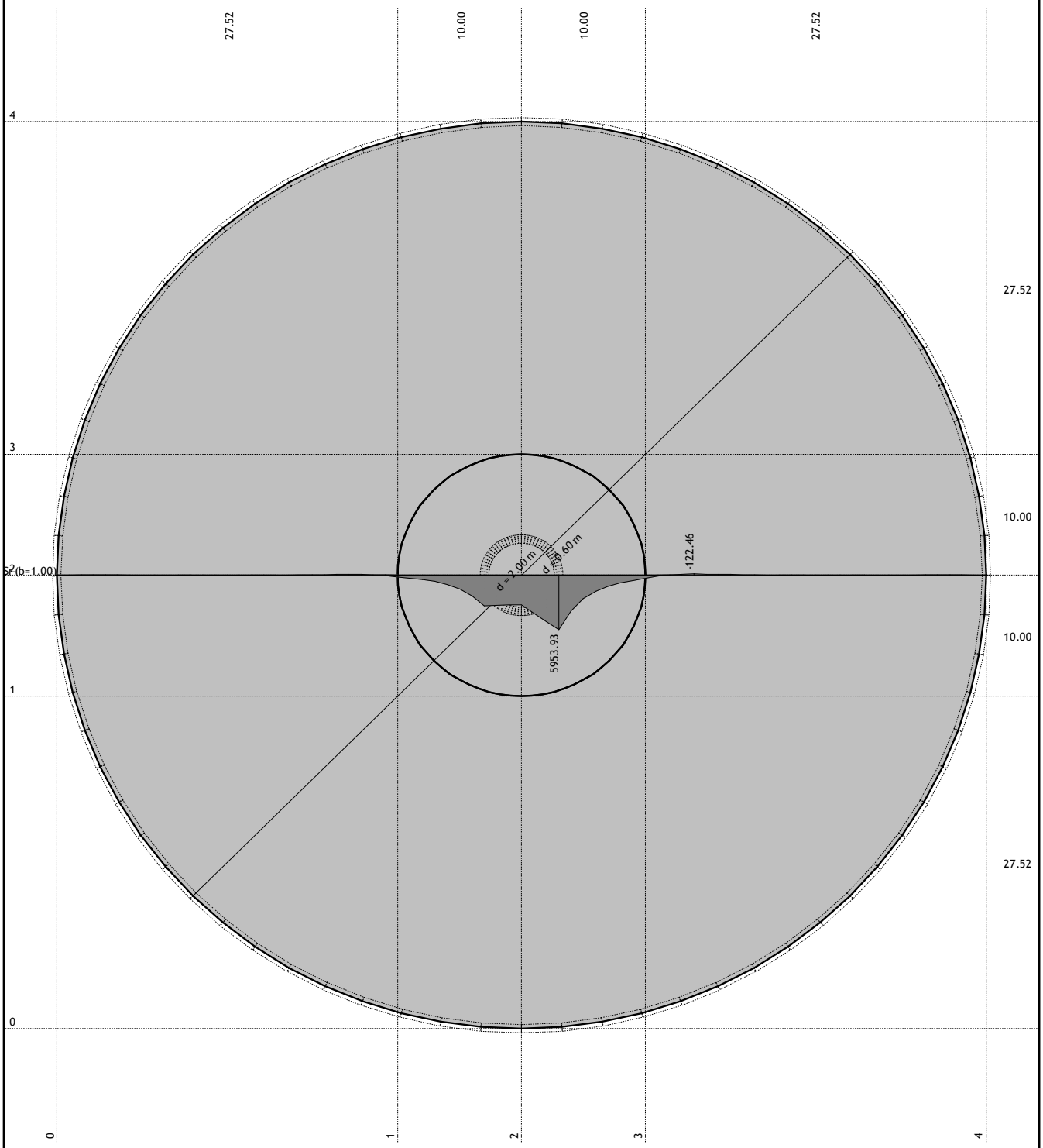
Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Uticaji u ploci: max Mx= 6092.40 / min Mx= 0.00 kNm/m

Opt. 6: [1] 3,4



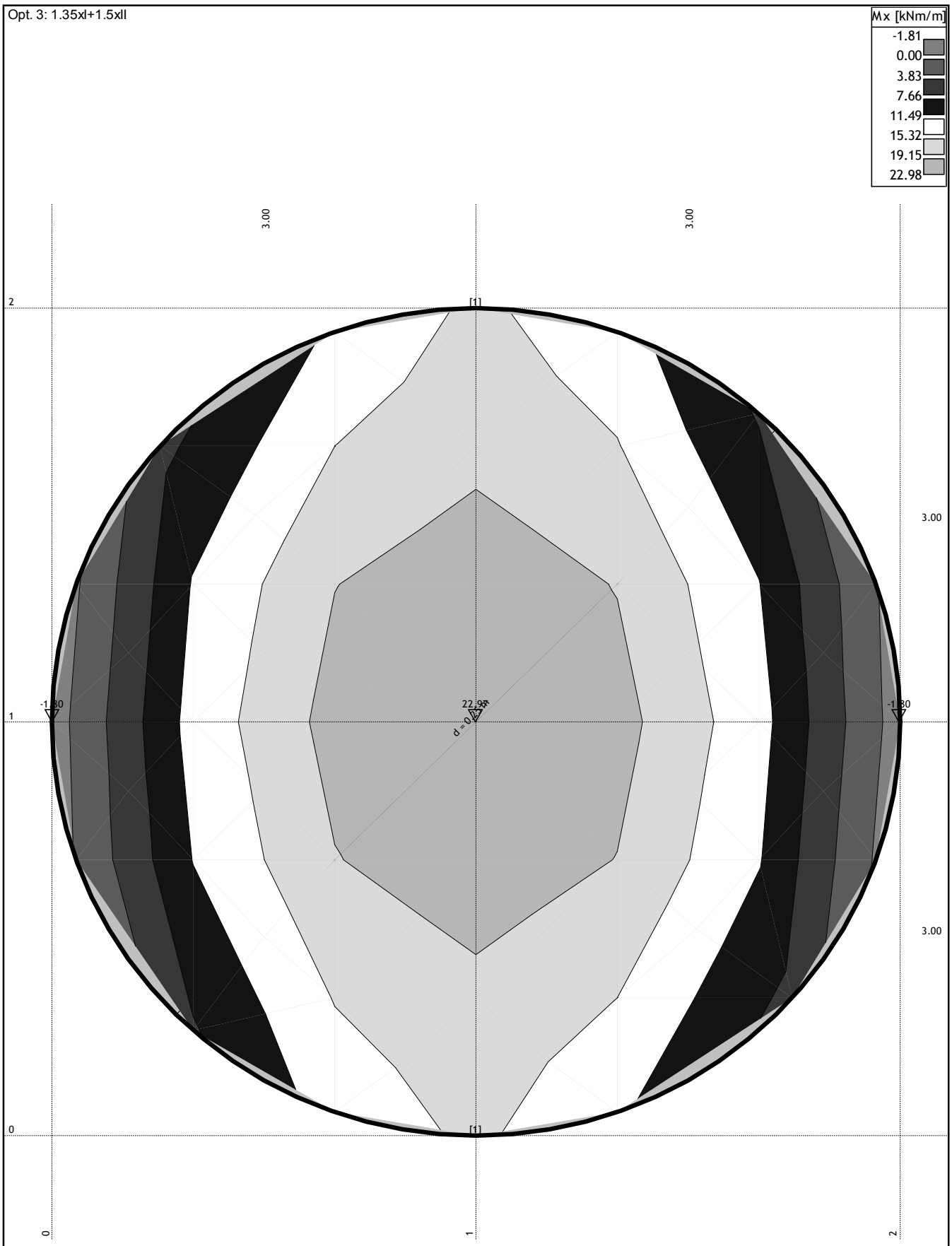
Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Uticaji u ploci: max My= 4509.55 / min My= 0.00 kNm/m

Opt. 7: [1] 3,4

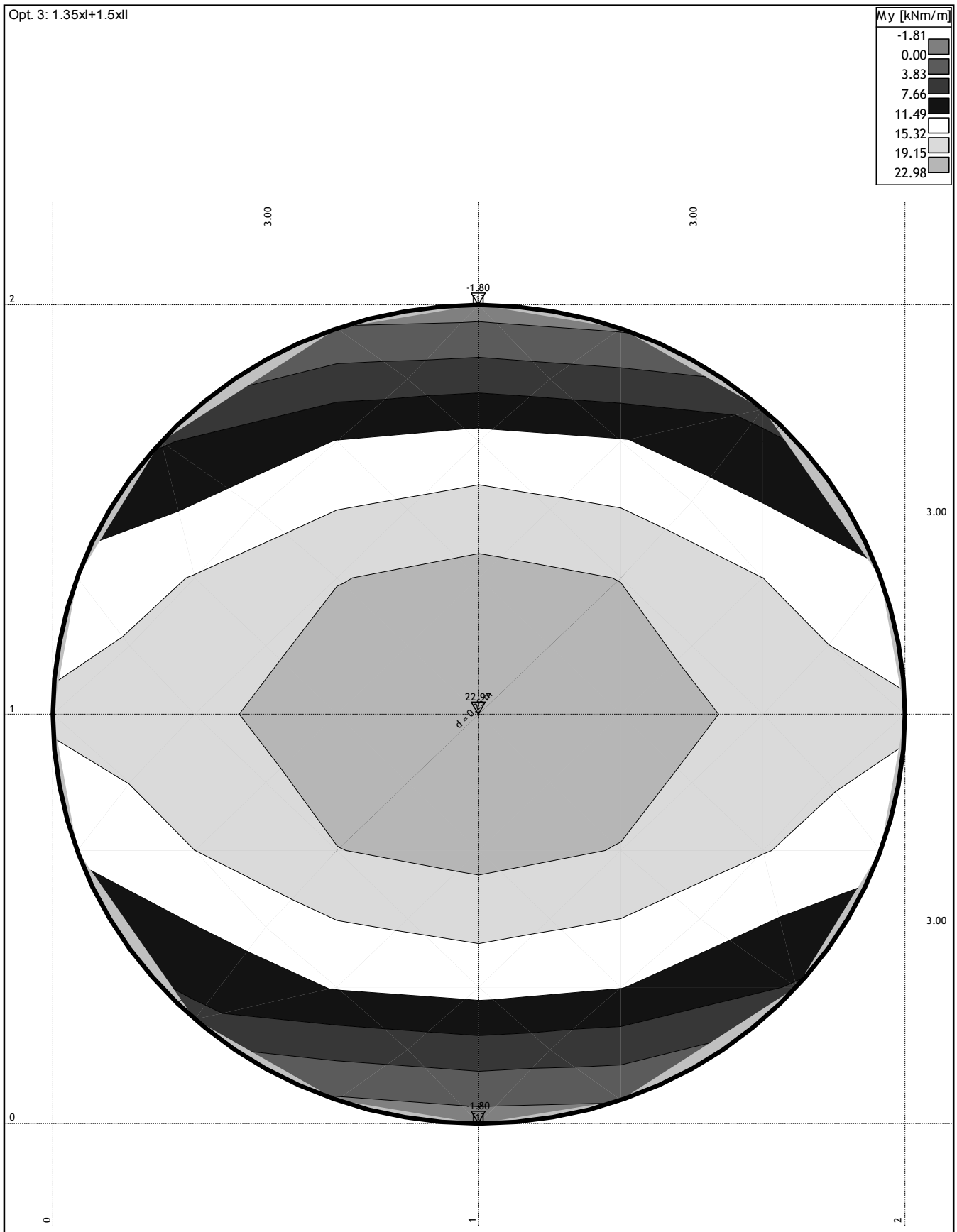


Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Vektorski preseci: Ms

Opt. 3: 1.35xl+1.5xll

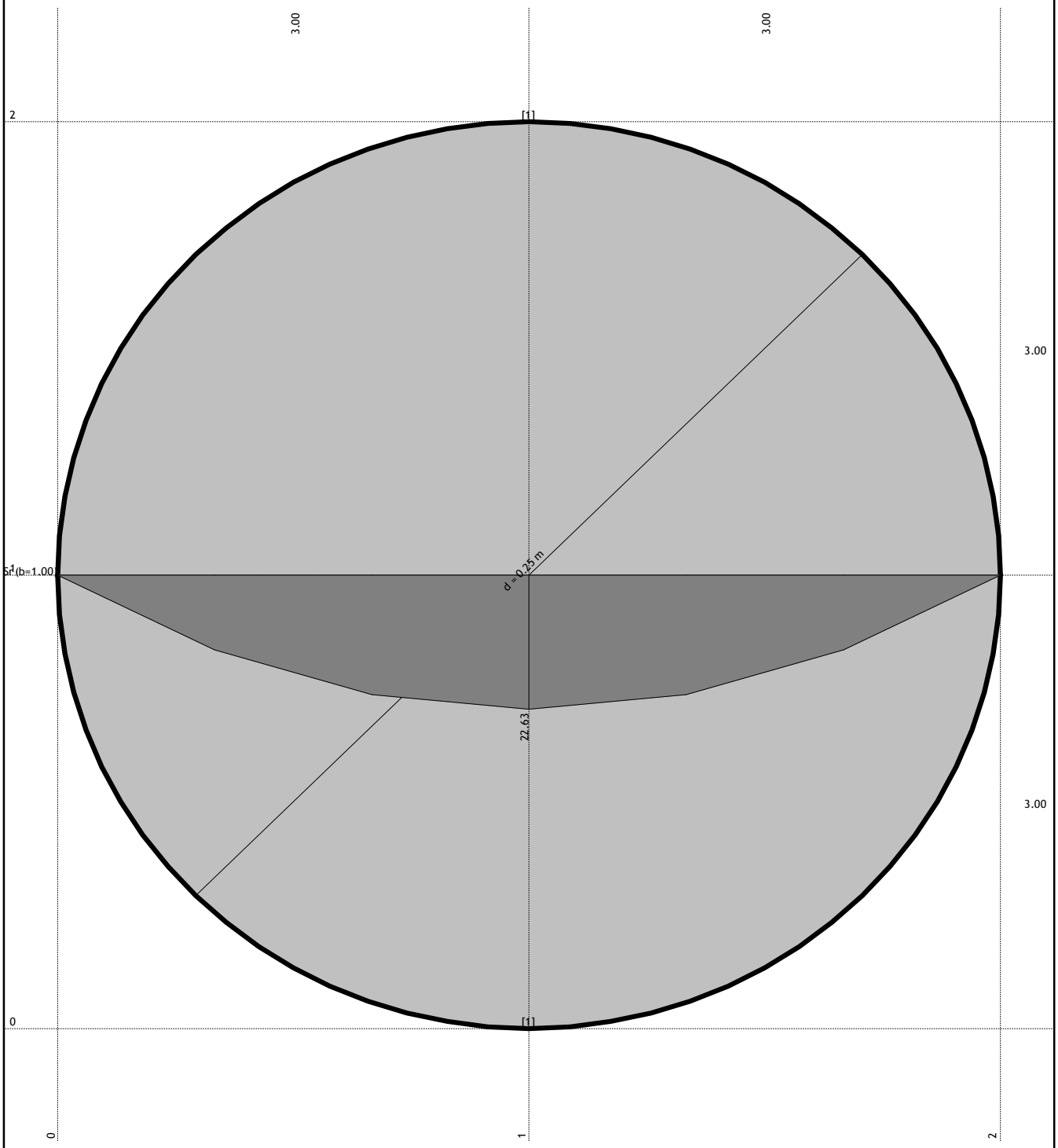


Uticaji u ploci: max Mx= 22.97 / min Mx= -1.80 kNm/m
Ploča na vrhu jarbola



Uticaji u ploci: max My= 22.97 / min My= -1.80 kNm/m
Ploča na vrhu jarbola

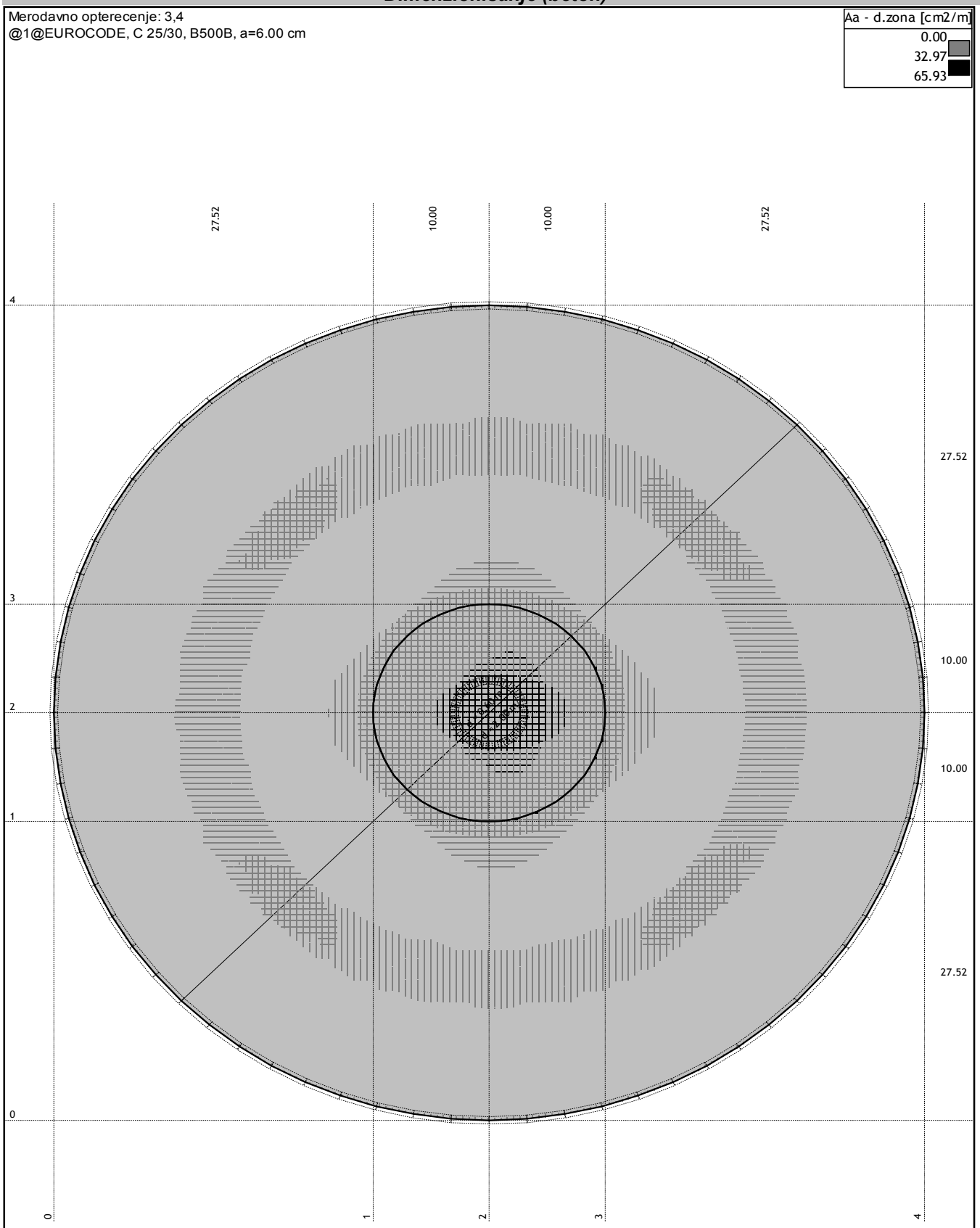
Opt. 3: 1.35xl+1.5xll



Vektorski preseci: Ms
Ploča na vrhu jarbola

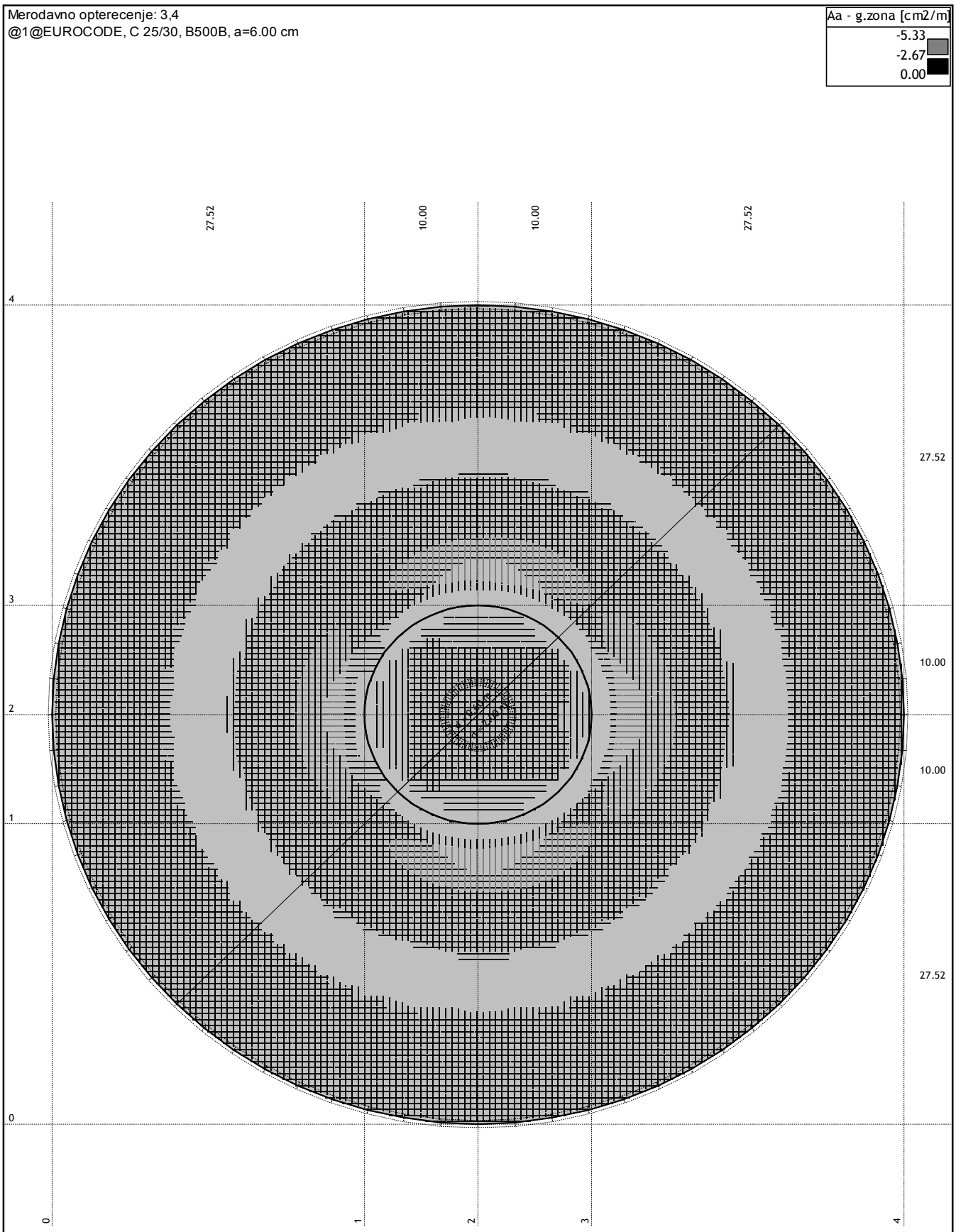
Dimenzionisanje (beton)

Merodavno opterecenje: 3,4
@1@EUROCODE, C 25/30, B500B, a=6.00 cm



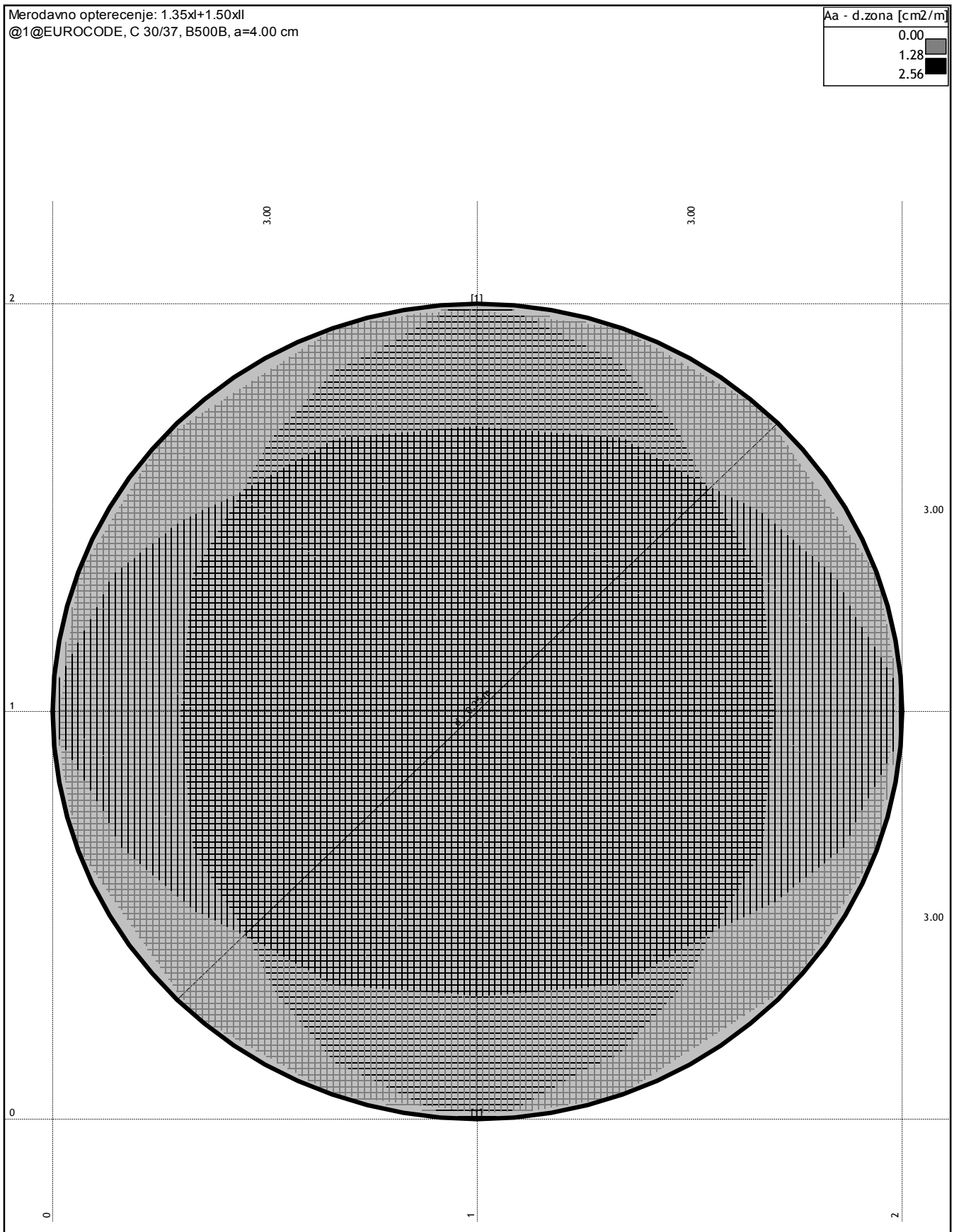
Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Aa - d.zona - max Aa,d= 65.93 cm2/m

Merodavno opterecenje: 3,4
@1@EUROCODE, C 25/30, B500B, a=6.00 cm



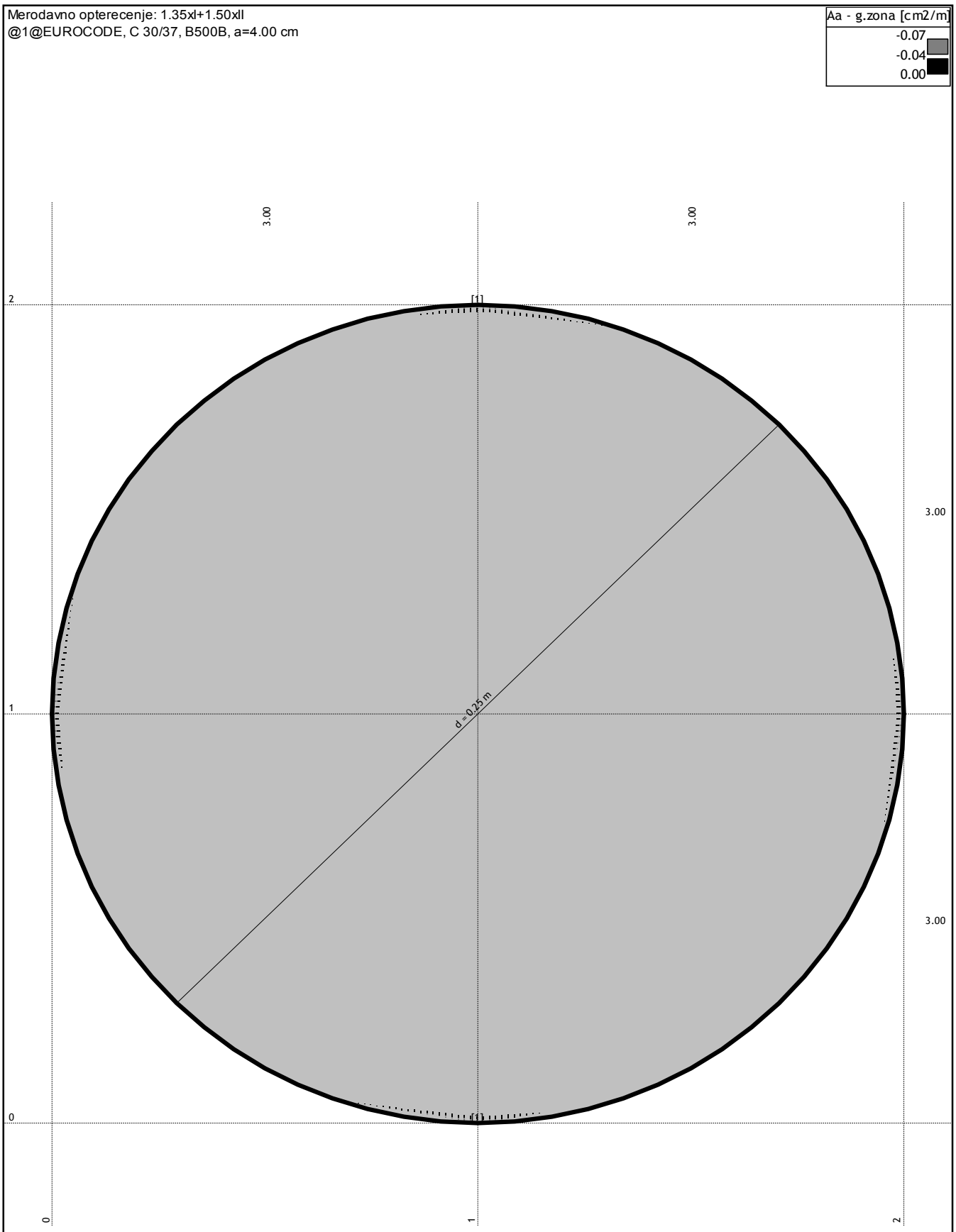
Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Aa - g.zona - max Aa,g= -5.32 cm2/m

Merodavno opterecenje: 1.35xl+1.50xll
@1@EUROCODE, C 30/37, B500B, a=4.00 cm



Aa - d.zona - max Aa,d= 2.55 cm2/m
Ploča na vrhu jarbola

Merodavno opterecenje: 1.35xl+1.50xll
@1@EUROCODE, C 30/37, B500B, a=4.00 cm



Aa - g.zona - max Aa,g= -0.07 cm2/m
Ploča na vrhu jarbola

Ulazni podaci - Konstrukcija - Faza II - Jarbol sa plaštom

Titulli	z [m]	h [m]
Vrh jarbola	131.00	1.00
Prirubni prsten	129.30	17.30
Pitisnuti prsten	113.00	1.56
Vezna greda	111.44	1.52
Vezna greda	109.92	1.48
Vezna greda	108.43	1.45
Vezna greda	106.98	1.42
Vezna greda	105.56	1.39
Vezna greda	104.17	1.37
Vezna greda	102.80	1.34
Vezna greda	101.46	1.32
Vezna greda	100.13	1.31
Vezna greda	98.83	1.29
Vezna greda	97.54	1.28
Vezna greda	96.26	1.26
Vezna greda	95.00	1.25
Vezna greda	93.74	1.25
Vezna greda	92.50	1.24
Vezna greda	91.26	1.24
Vezna greda	90.02	1.23
Vezna greda	88.79	1.23
Vezna greda	87.56	1.23
Vezna greda	86.33	1.23
Vezna greda	85.09	1.24
Vezna greda	83.86	1.24
Vezna greda	82.61	1.25
Vezna greda	81.36	1.26
Vezna greda	80.10	1.27
Vezna greda	78.83	1.28
Vezna greda	77.55	1.30
Vezna greda	76.25	1.31
Vezna greda	74.94	1.33
Sredisnji vezni prsten	73.61	1.35
Vezna greda	72.25	1.38
Vezna greda	70.87	1.40
Vezna greda	69.47	1.43
Vezna greda	68.04	1.47
Vezna greda	66.57	1.50
Vezna greda	65.07	1.54
Vezna greda	63.53	1.58
Vezna greda	61.95	1.63
Vezna greda	60.32	1.68
Vezna greda	58.64	1.73
Vezna greda	56.91	1.79
Vezna greda	55.11	1.86
Vezna greda	53.25	1.93
Vezna greda	51.32	2.02
Vezna greda	49.30	2.10
Vezna greda	47.20	2.20
Vezna greda	45.00	2.31
Vezna greda	42.69	2.43
Vezna greda	40.26	2.56
Vezna greda	37.70	2.71
Vezna greda	34.99	2.87
Vezna greda	32.12	3.06
Vezna greda	29.07	3.26
Vezna greda	25.80	3.50
Vezna greda	22.31	3.76
Vezna greda	18.55	4.06
Vezna greda	14.49	4.41
Vezna greda	10.08	4.81
Vezna greda	5.27	5.27
Vrh bazena	0.00	2.00
Temeljna ploča	-2.00	

Tabela materijala

No	Naziv materijala	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Betoni C25/30	3.150e+7	0.20	25.00	1.000e-5	3.150e+7	0.20
2	Betoni C30/37	3.400e+7	0.20	25.00	1.000e-5	3.400e+7	0.20
3	Čelik	1.000e+10	0.30	78.50	1.000e-5	2.100e+8	0.30
4	Çelik	2.100e+8	0.30	78.50	1.000e-5	2.100e+8	0.30

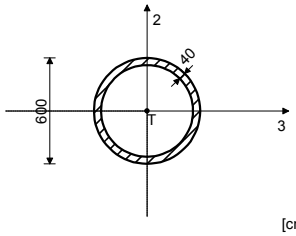
Setovi ploca

No	d[m]	e[m]	Materijal	Tip proracuna	Ortotropija	E2[kN/m2]	G[kN/m2]	α
<1>	0.600	0.300	1	Tanka ploca	Izotropna			
<2>	2.000	0.300	1	Tanka ploca	Izotropna			

Setovi greda

@1@Set: 1 Presek: D=600/40, Fiktivna ekscentricnost

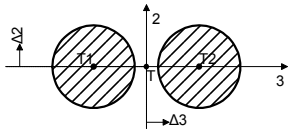
Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Betoni C30/37	7.037e+0	3.770e+0	3.770e+0	5.545e+1	2.773e+1	2.773e+1



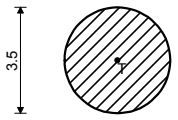
[cm]

@1@Set: 2 Presek: 2xD=3.5, Prost nelinearan (zategnut) stap, Fiktivna ekscentricnost

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Çelik	1.924e-3	1.732e-3	1.732e-3	2.946e-7	1.121e-6	1.473e-7



No	Presek	Δ3 [cm]	Δ2 [cm]	α	Mat.
1	D=3.5	-2.25	0.00	0.00	2
2	D=3.5	2.25	0.00	0.00	2

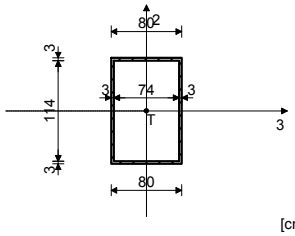


[cm]

D=3.5

@1@Set: 3 Presek: |=| 80/120, Fiktivna ekscentricnost

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
3 - Çelik	1.164e-1	6.947e-2	4.720e-2	2.510e-2	1.270e-2	2.384e-2

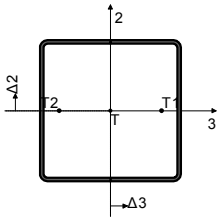


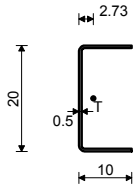
[cm]

@1@Set: 4 Presek: 2xHOP [200x100x5, Fiktivna ekscentricnost

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
3 - Çelik	3.826e-3	2.000e-3	2.000e-3	3.340e-8	2.404e-4	2.399e-4

No	Presek	Δ3 [cm]	Δ2 [cm]	α	Mat.
1	HOP [200x100x5	7.27	0.00	0.00	3
2	HOP [200x100x5	-7.27	0.00	0.00	3





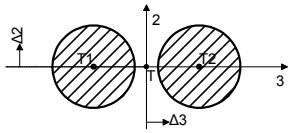
[cm]

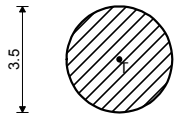
HOP [200x100x5

@1@Set: 5 Presek: 2xD=3.5, Prost nelinearan (zategnut) stap, Fiktivna ekscentricnost

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Çelik	1.924e-3	1.732e-3	1.732e-3	2.946e-7	1.121e-6	1.473e-7

No	Presek	Δ3 [cm]	Δ2 [cm]	α	Mat.
1	D=3.5	-2.25	0.00	0.00	2
2	D=3.5	2.25	0.00	0.00	2



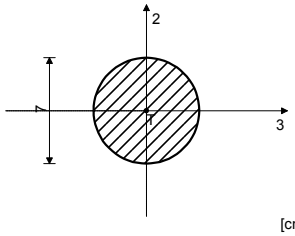


[cm]

D=3.5

@1@Set: 6 Presek: D=7, Prost stap, Fiktivna ekscentricnost

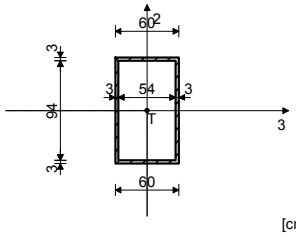
Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
3 - Çelik	3.848e-3	3.464e-3	3.464e-3	2.357e-6	1.179e-6	1.179e-6



[cm]

@1@Set: 7 Presek: |=| 60/100, Fiktivna ekscentricnost

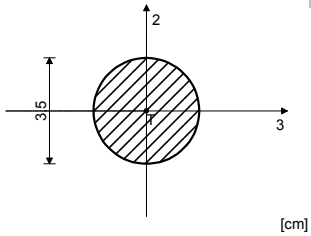
Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
3 - Çeliku	9.240e-2	5.749e-2	3.540e-2	1.191e-2	5.665e-3	1.262e-2



[cm]

@1@Set: 8 Presek: D=3.5, Prost nelinearan (zategnut) stap, Fiktivna ekscentricnost

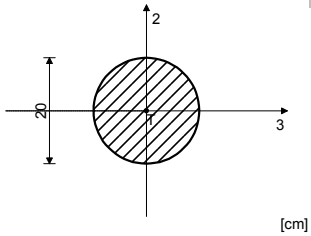
Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
3 - Čelik	9.621e-4	8.659e-4	8.659e-4	1.473e-7	7.366e-8	7.366e-8



[cm]

@1@Set: 9 Presek: D=20, Fiktivna ekscentricnost

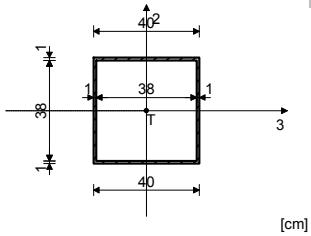
Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Čelik	3.142e-2	2.827e-2	2.827e-2	1.571e-4	7.854e-5	7.854e-5



[cm]

@1@Set: 10 Presek: |=| 40/40, Fiktivna ekscentricnost

Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
3 - Čelik	1.560e-2	7.820e-3	7.820e-3	5.932e-4	3.957e-4	3.957e-4



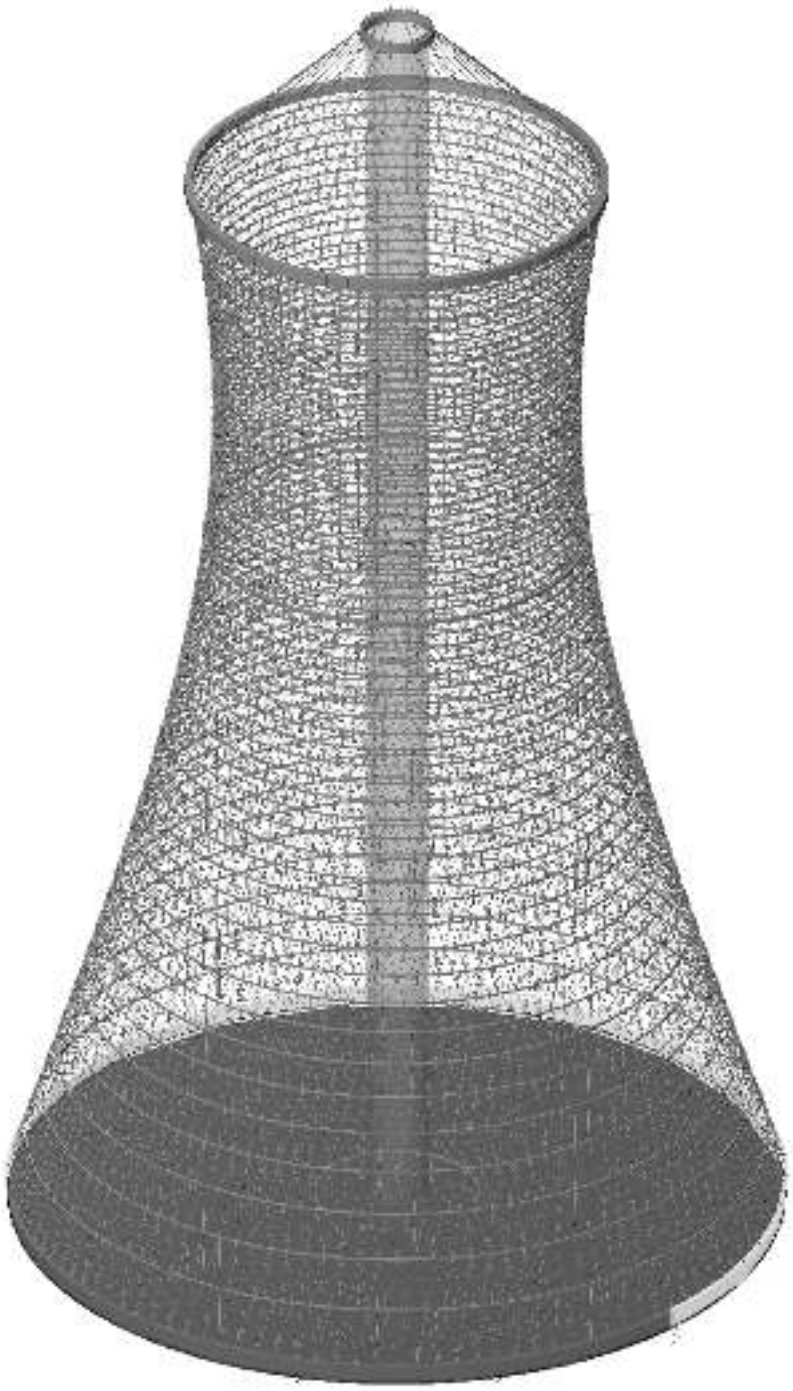
[cm]

Setovi povrsinskih oslonaca

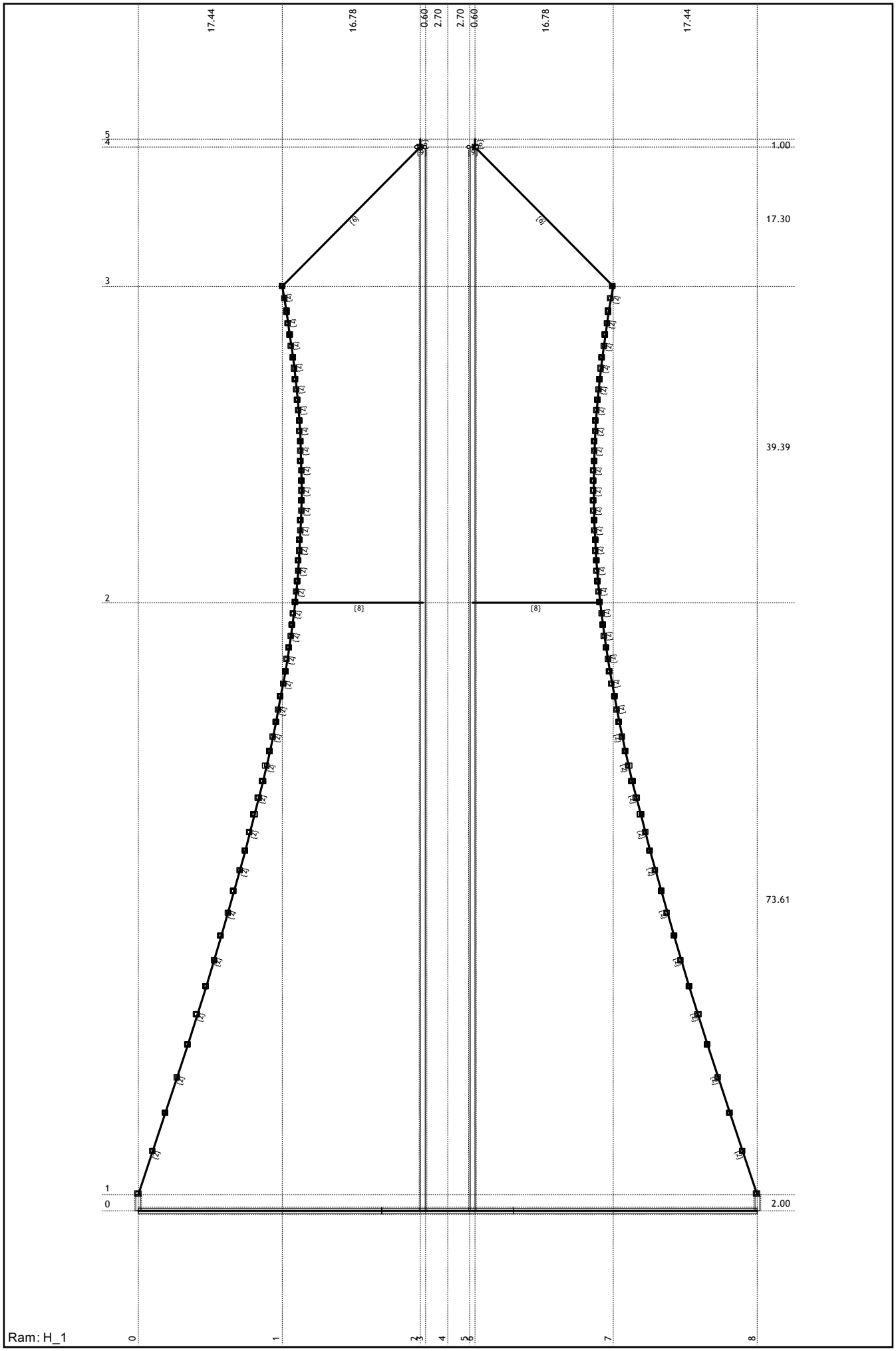
@1@ Set	K,R1	K,R2	K,R3
1	1.000e+4	1.000e+4	2.000e+4

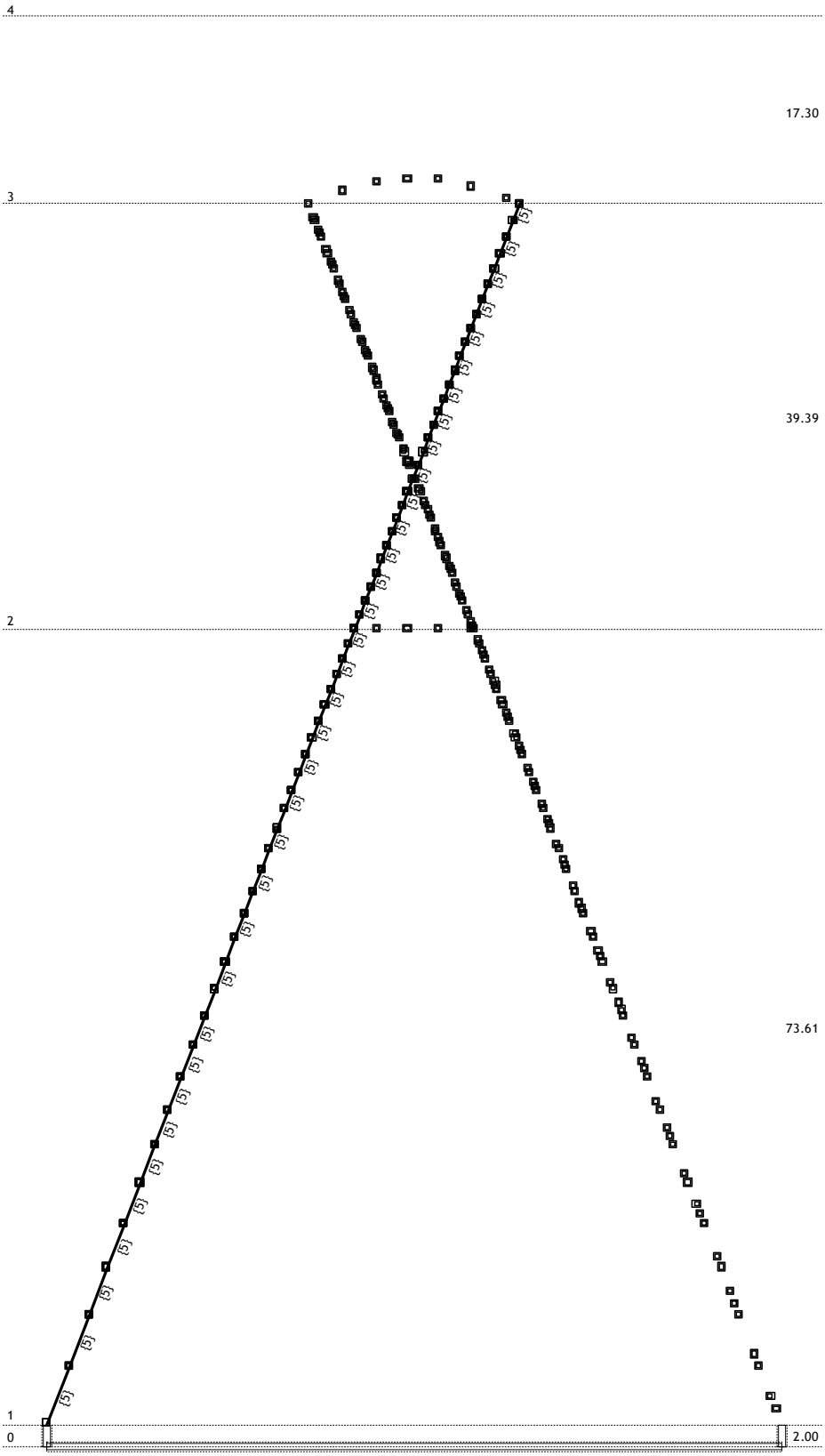
Lista slucajeva opterecenja

No	Naziv
1	Sopstvena težina (g)
2	Težina obloge
3	Sila prednaprezanja
4	Vjetar
5	Rezim rada
6	Temperatura +
7	Temperatura -
8	Pritisak tla
9	Pritisak vode
10	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III
11	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III +1.5xIV
12	Komb.: I+II+III+1.5xIV
13	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III +1.5xIV+1.05xV
14	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III +1.5xIV+1.05xV+1.05xVI
15	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III +1.05xIV+1.05xV+1.5xVI
16	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III+ +1.5xIV+1.05xVII
17	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III+ +IV+1.5xVII
18	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III +1.5xIV+1.05xV+1.05xVI+ +1.05xVIII
19	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III +1.05xIV+1.05xV+1.05xVI+1 .5xVIII
20	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III +1.5xIV+1.05xV+1.05xVI+ +1.05xVIII+1.05xIX
21	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III+ +1.5xIV+1.05xV+1.05xVI+1.05xIX
22	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III +1.5xIV+1.05xVII+1.05xVIII
24	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III +1.05xIV+1.5xVII+1.05xVIII
25	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III +1.05xIV+1.05xVII+1.5xVIII
26	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III+ +1.05xIV+1.05xVII+1.05xIX
27	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III+ +1.5xIV+1.05xVII+1.05xIX
28	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III+ +1.5xVIII
29	Komb.: 1.35xI+1.35xII+III +1.5xIX

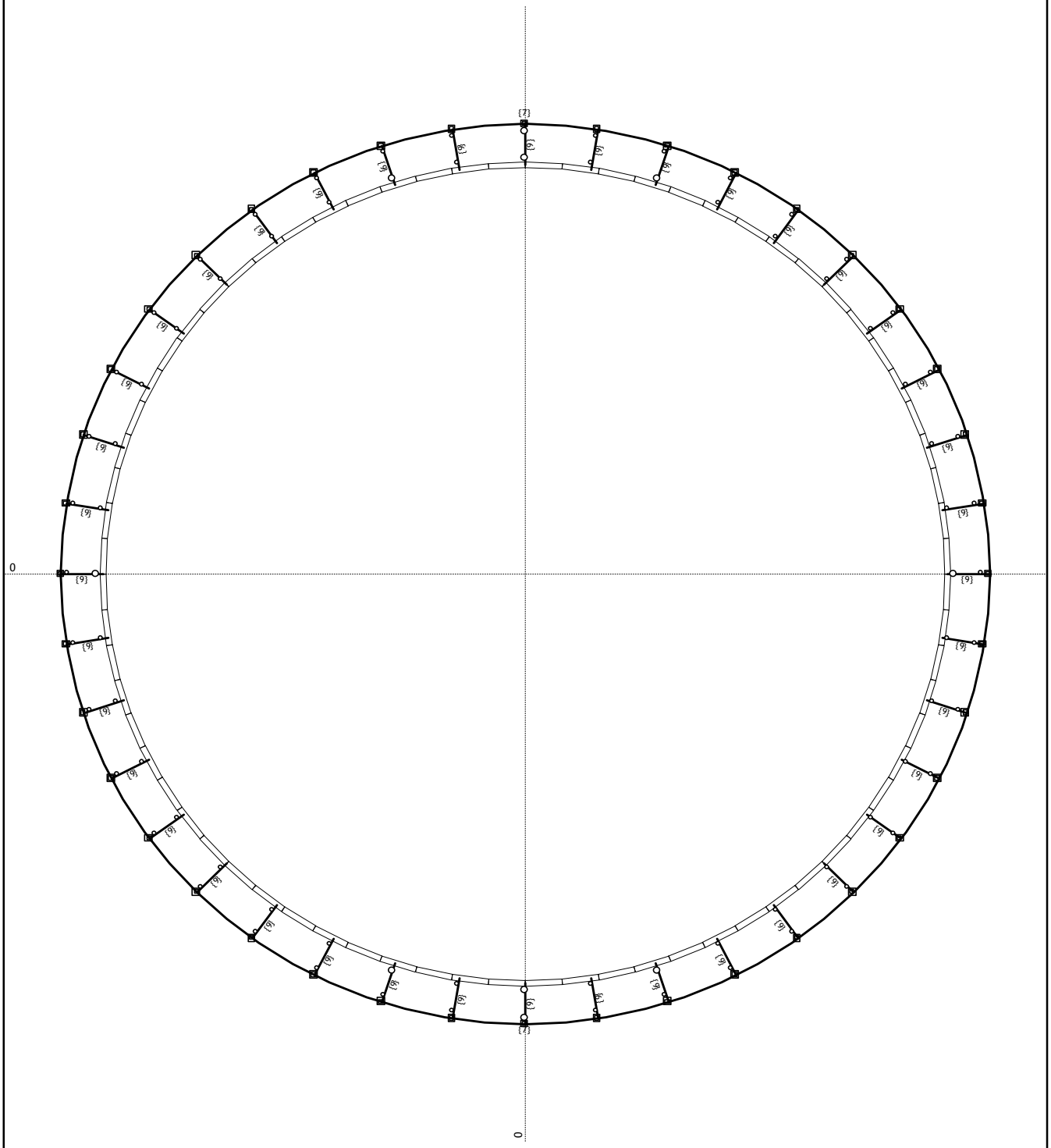


Izometrija (Front)

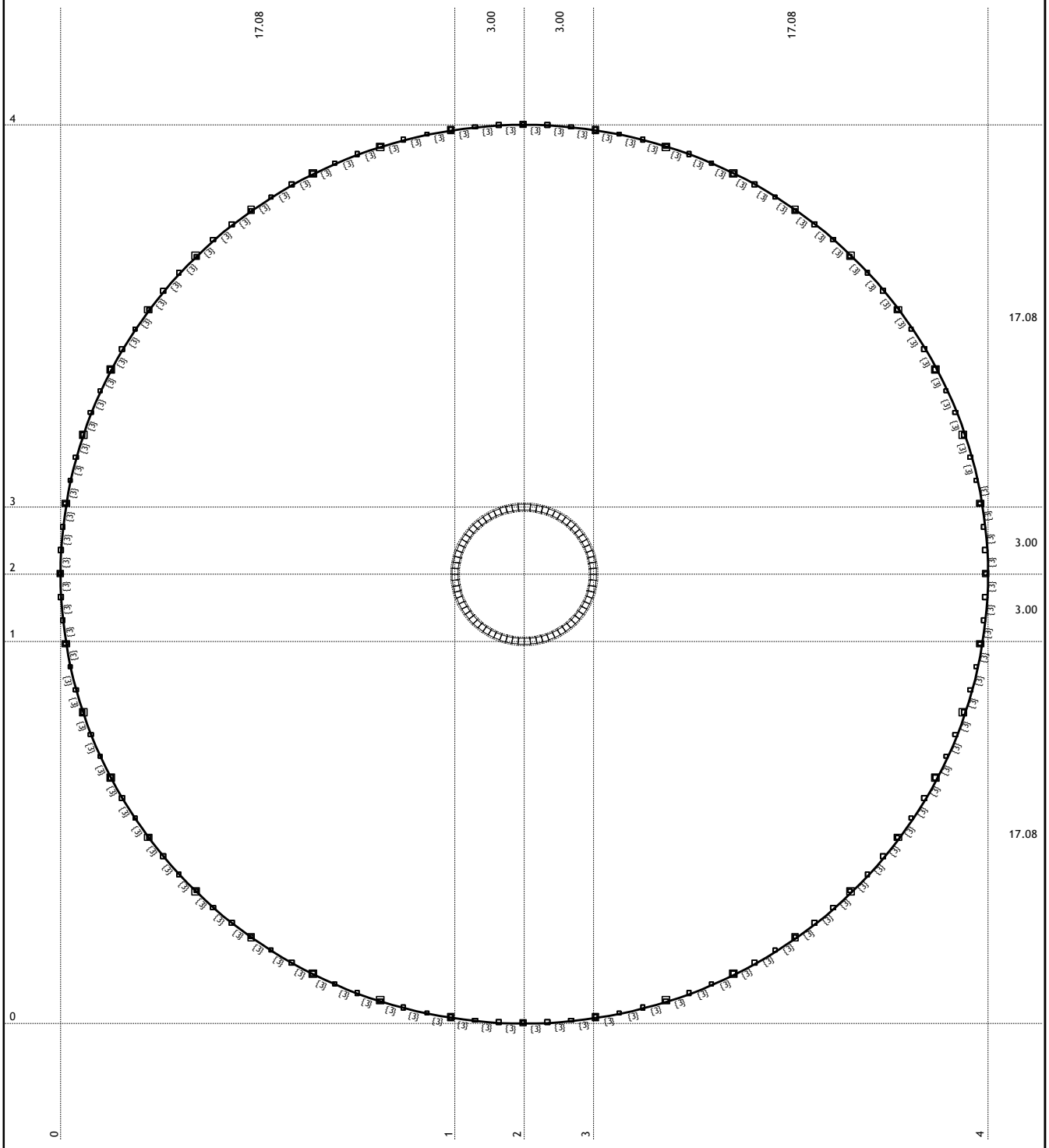

17.44
16.78
0.60
2.70
2.70
0.60
16.78
17.44
5
4
3
2
1
0
1.00
17.30
39.39
73.61
2.00
{8}
{8}
{8}
{8}
Ram: H_1
0
1
2
3
4
5
6
7
8



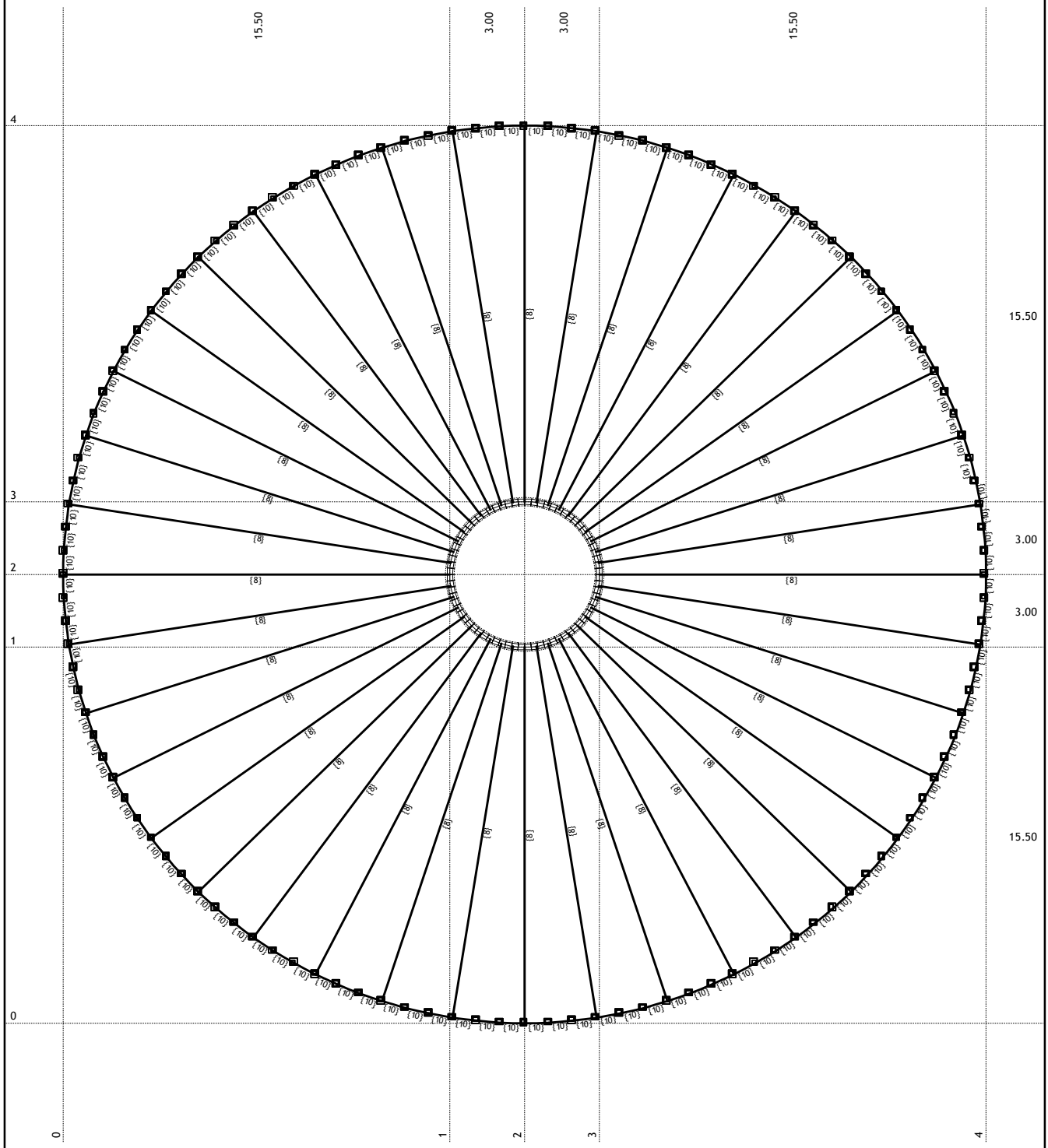
Ram: K_74



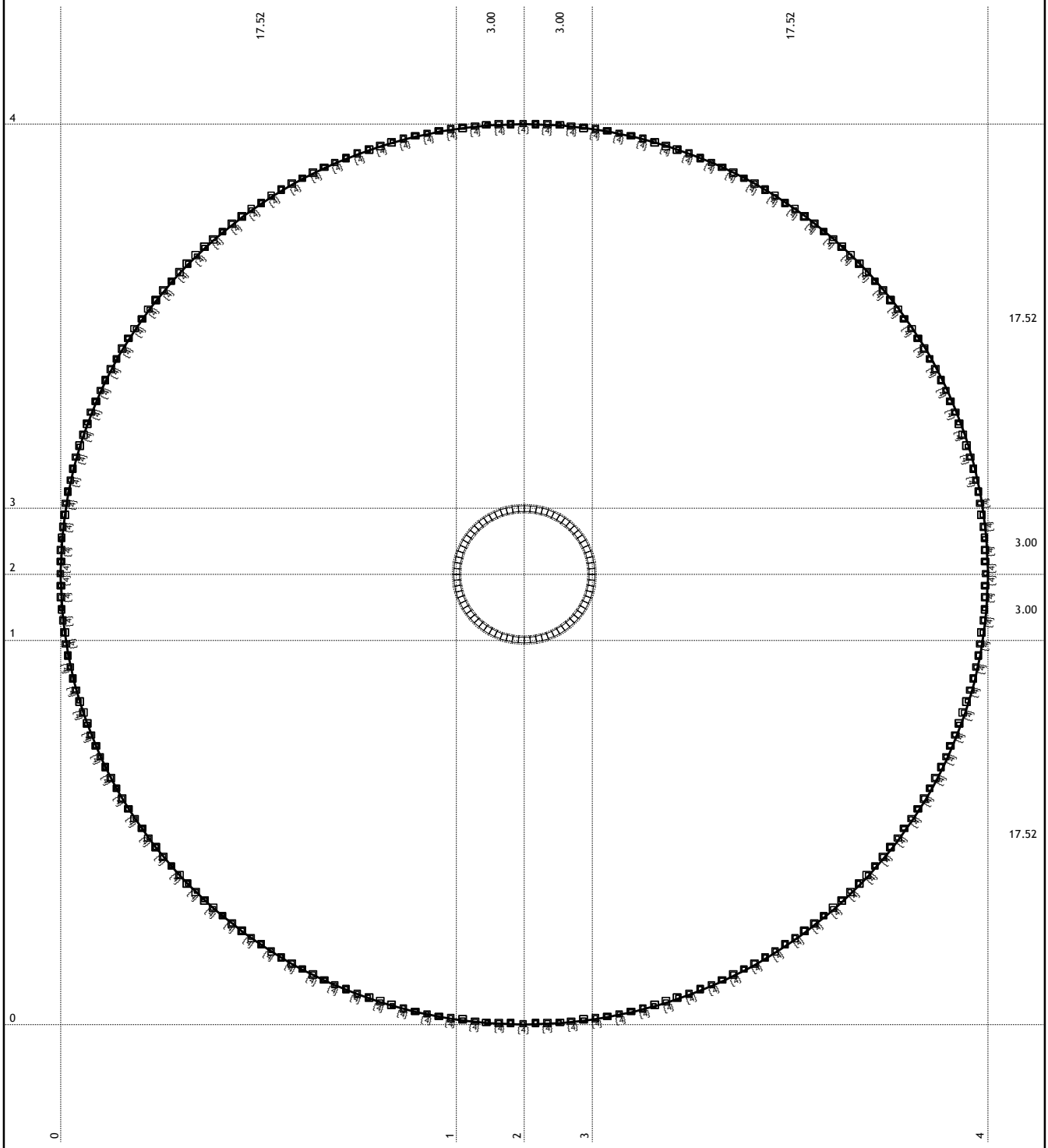
Nivo: Prirubni prsten [129.30 m]



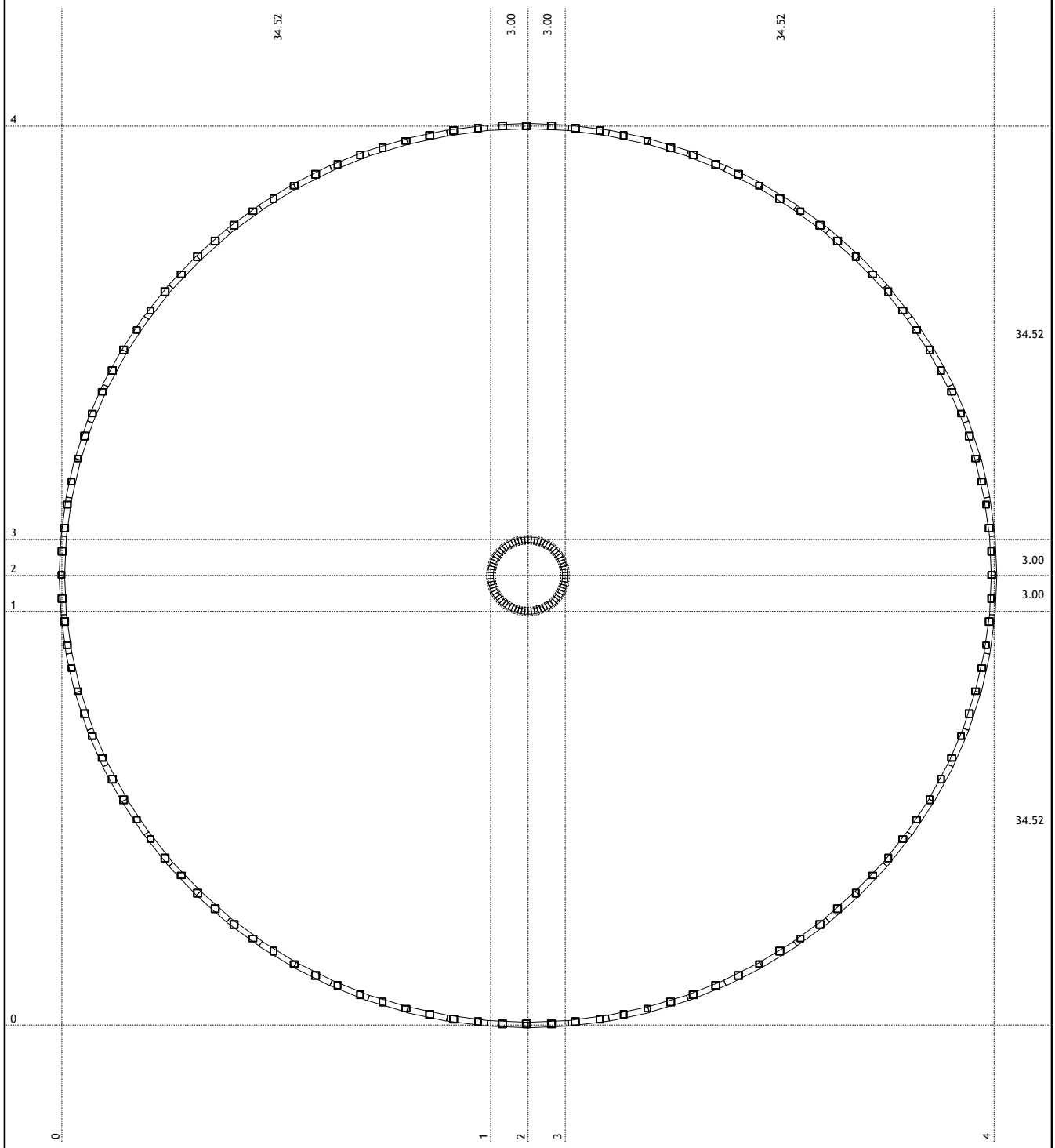
Nivo: Pitisnuti prsten [113.00 m]



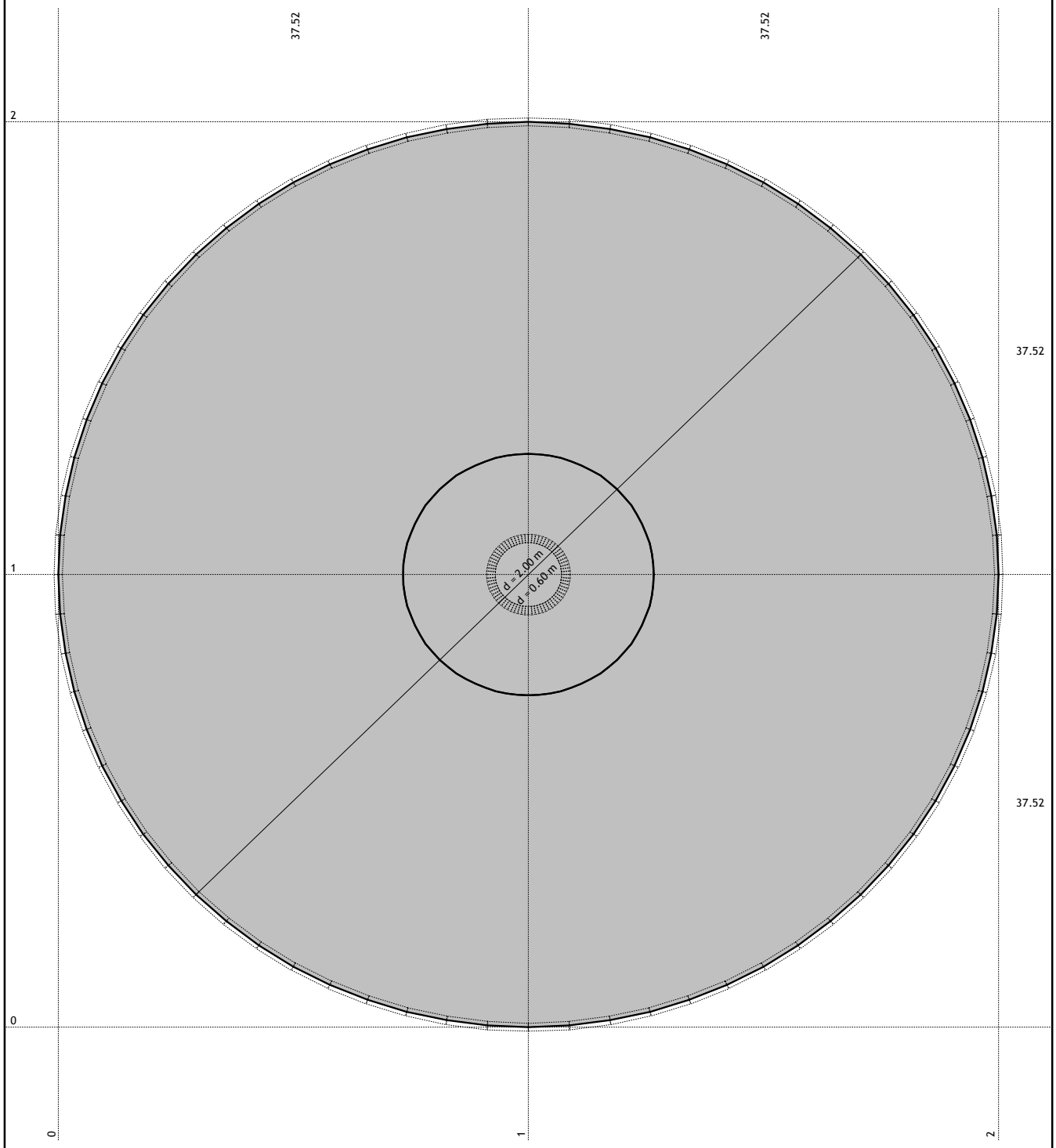
Nivo: Središnji vezni prsten [73.61 m]



Nivo: Vezna greda [60.32 m]



Nivo: Vrh bazena [0.00 m]



Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]

Napredne opcije seizmickog proracuna:

Mase grupisane u nivoima izabranih tavanica
Multiplikator krutosti oslonaca: 10000.000

Faktori opterecenja za proracun masa

No	Titulli	Koeficienti
1	Sopstvena težina	1.00
2	Težina obloge	1.00
3	Sila prednaprezanja	0.00
4	Vjetar	0.00
5	Režim rada	0.00
6	Temperatura +	0.00
7	Temperatura -	0.00
8	Pritisak tla	0.00
9	Pritisak vode	0.00

Raspored masa po visini objekta

Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]	Masa [T]	T/m2
	131.30	0.00	-0.00	1.26	
	130.30	-0.00	-0.00	10015.59	
	113.00	0.68	12.99	277.59	
	111.44	0.05	0.02	16.83	
	109.92	-0.69	-13.08	53.70	
	108.43	-14.13	0.00	49.20	
	106.98	-0.00	-0.00	18.31	
	105.56	-13.99	-0.00	48.63	
	104.17	-1.32	12.52	53.54	
	102.80	-2.53	-13.64	48.17	
	101.46	-0.00	-0.00	16.99	
	100.13	-2.51	13.53	47.81	
	98.83	-2.59	12.19	52.47	
	97.54	-0.00	-0.00	11.56	
	96.26	-3.84	-11.81	52.10	
	95.00	-0.00	-0.00	11.33	
	93.74	-4.44	-11.56	51.84	
	92.50	-5.19	-12.54	47.15	
	91.26	-0.00	-0.00	15.71	
	90.02	-13.54	-0.00	47.06	
	88.79	-6.72	-10.35	51.58	
	87.56	0.00	0.00	11.06	
	86.33	1.93	12.20	51.59	
	85.09	-0.00	-0.00	11.09	
	83.86	12.30	-1.29	51.67	
	82.61	8.83	10.33	47.14	
	81.36	-0.00	-0.00	15.89	
	80.10	3.19	13.27	47.28	
	78.83	-0.00	-0.00	16.16	
	77.55	8.91	10.43	47.51	
	76.25	-2.60	-12.22	52.49	
	74.94	-0.00	-0.00	11.83	
	73.61	-2.61	-12.27	53.01	
	72.25	9.58	10.10	48.19	
	70.87	-0.00	-0.00	17.61	
	69.47	-1.83	-13.93	48.65	
	68.04	-2.04	-12.88	52.97	
	66.57	-1.04	-13.39	52.01	
	65.07	-0.00	-0.00	16.43	
	63.53	-1.05	-13.52	52.80	
	61.95	-0.71	-13.63	53.25	
	60.32	-1.06	-13.68	53.77	
	58.64	6.90	11.95	54.34	
	56.91	10.56	9.01	54.99	
	55.11	-0.00	-0.00	19.73	
	53.25	10.66	9.09	56.49	
	51.32	-7.03	12.18	57.34	
	49.30	-14.14	-0.00	58.23	
	47.20	4.58	17.09	95.15	
	45.00	-14.24	-0.00	60.51	
	42.69	2.23	14.08	61.92	
	40.26	9.87	10.38	63.39	
	37.70	-7.80	12.02	64.97	
	34.99	17.13	6.07	105.44	
	32.12	7.95	-12.24	67.63	
	29.07	8.03	-16.84	109.19	
	25.80	10.91	-9.83	71.78	
	22.31	12.35	14.44	115.17	
	18.55	-14.22	14.22	112.81	
	14.49	4.57	-19.10	120.04	
	10.08	22.09	-4.70	163.46	
	5.27	-8.65	3.93	484.74	
Ukupno:	110.00	0.15	0.34	13798.15	

Polozaj centara krutosti po visini objekta

Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]
	131.30	0.00	-0.00
	130.30	-0.00	-0.00
	113.00	-0.00	-0.00
	111.44	-0.00	-0.00
	109.92	-0.00	-0.00
	108.43	-0.00	-0.00
	106.98	-0.00	-0.00
	105.56	-0.00	-0.00
	104.17	-0.00	-0.00
	102.80	-0.00	-0.00
	101.46	-0.00	-0.00
	100.13	-0.00	-0.00
	98.83	-0.00	-0.00
	97.54	-0.00	-0.00
	96.26	-0.00	-0.00
	95.00	-0.00	-0.00
	93.74	-0.00	-0.00
	92.50	-0.00	-0.00
	91.26	-0.00	-0.00
	90.02	-0.00	-0.00

	88.79	-0.00	-0.00
	87.56	-0.00	-0.00
	86.33	-0.00	-0.00
	85.09	-0.00	-0.00
	83.86	-0.00	-0.00
	82.61	-0.00	-0.00
	81.36	-0.00	-0.00
	80.10	-0.00	-0.00
	78.83	-0.00	-0.00
	77.55	-0.00	-0.00
	76.25	-0.00	-0.00
	74.94	-0.00	-0.00
	73.61	-0.00	-0.00
	72.25	-0.00	-0.00
	70.87	-0.00	-0.00
	69.47	-0.00	-0.00
	68.04	-0.00	-0.00
	66.57	-0.00	-0.00
	65.07	-0.00	-0.00
	63.53	-0.00	-0.00
	61.95	0.00	-0.00
	60.32	0.00	-0.00

	58.64	0.00	-0.00
	56.91	0.00	-0.00
	55.11	0.00	-0.00
	53.25	0.00	-0.00
	51.32	0.00	-0.00
	49.30	0.00	-0.00
	47.20	0.00	-0.00
	45.00	0.00	-0.00
	42.69	0.00	-0.00
	40.26	0.00	-0.00
	37.70	0.00	-0.00
	34.99	0.00	-0.00
	32.12	0.00	-0.00
	29.07	0.00	-0.00
	25.80	0.00	-0.00
	22.31	0.00	-0.00
	18.55	0.00	-0.00
	14.49	0.00	-0.00
	10.08	0.00	-0.00
	5.27	0.00	-0.00

Ekscentricitet po visini objekta

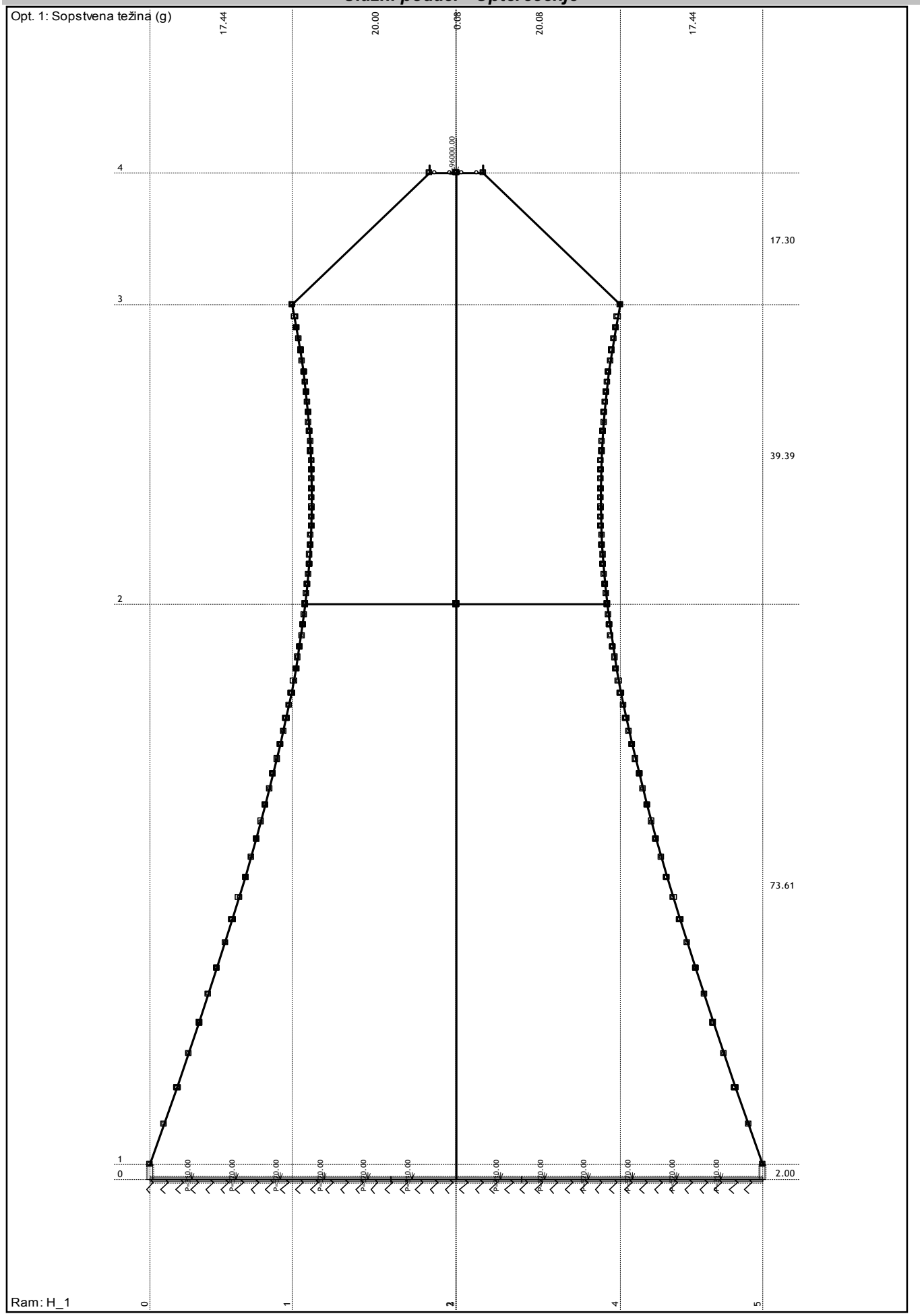
Nivo	Z [m]	eox [m]	eoy [m]
	131.30	0.00	0.00
	130.30	0.00	0.00
	113.00	0.68	12.99
	111.44	0.05	0.02
	109.92	0.69	13.08
	108.43	14.13	0.00
	106.98	0.00	0.00
	105.56	13.99	0.00
	104.17	1.32	12.52
	102.80	2.53	13.64
	101.46	0.00	0.00
	100.13	2.51	13.53
	98.83	2.59	12.19
	97.54	0.00	0.00
	96.26	3.84	11.81
	95.00	0.00	0.00
	93.74	4.44	11.56
	92.50	5.19	12.54
	91.26	0.00	0.00
	90.02	13.54	0.00
	88.79	6.72	10.35
	87.56	0.00	0.00
	86.33	1.93	12.20
	85.09	0.00	0.00
	83.86	12.30	1.29
	82.61	8.83	10.33
	81.36	0.00	0.00
	80.10	3.19	13.27
	78.83	0.00	0.00
	77.55	8.91	10.43
	76.25	2.60	12.22
	74.94	0.00	0.00
	73.61	2.61	12.27

	72.25	9.58	10.10
	70.87	0.00	0.00
	69.47	1.83	13.93
	68.04	2.04	12.88
	66.57	1.04	13.39
	65.07	0.00	0.00
	63.53	1.05	13.52
	61.95	0.71	13.63
	60.32	1.06	13.68
	58.64	6.90	11.95
	56.91	10.56	9.01
	55.11	0.00	0.00
	53.25	10.66	9.09
	51.32	7.03	12.18
	49.30	14.14	0.00
	47.20	4.58	17.09
	45.00	14.24	0.00
	42.69	2.23	14.08
	40.26	9.87	10.38
	37.70	7.80	12.02
	34.99	17.13	6.07
	32.12	7.95	12.24
	29.07	8.03	16.84
	25.80	10.91	9.83
	22.31	12.35	14.44
	18.55	14.22	14.22
	14.49	4.57	19.10
	10.08	22.09	4.70
	5.27	8.65	3.93

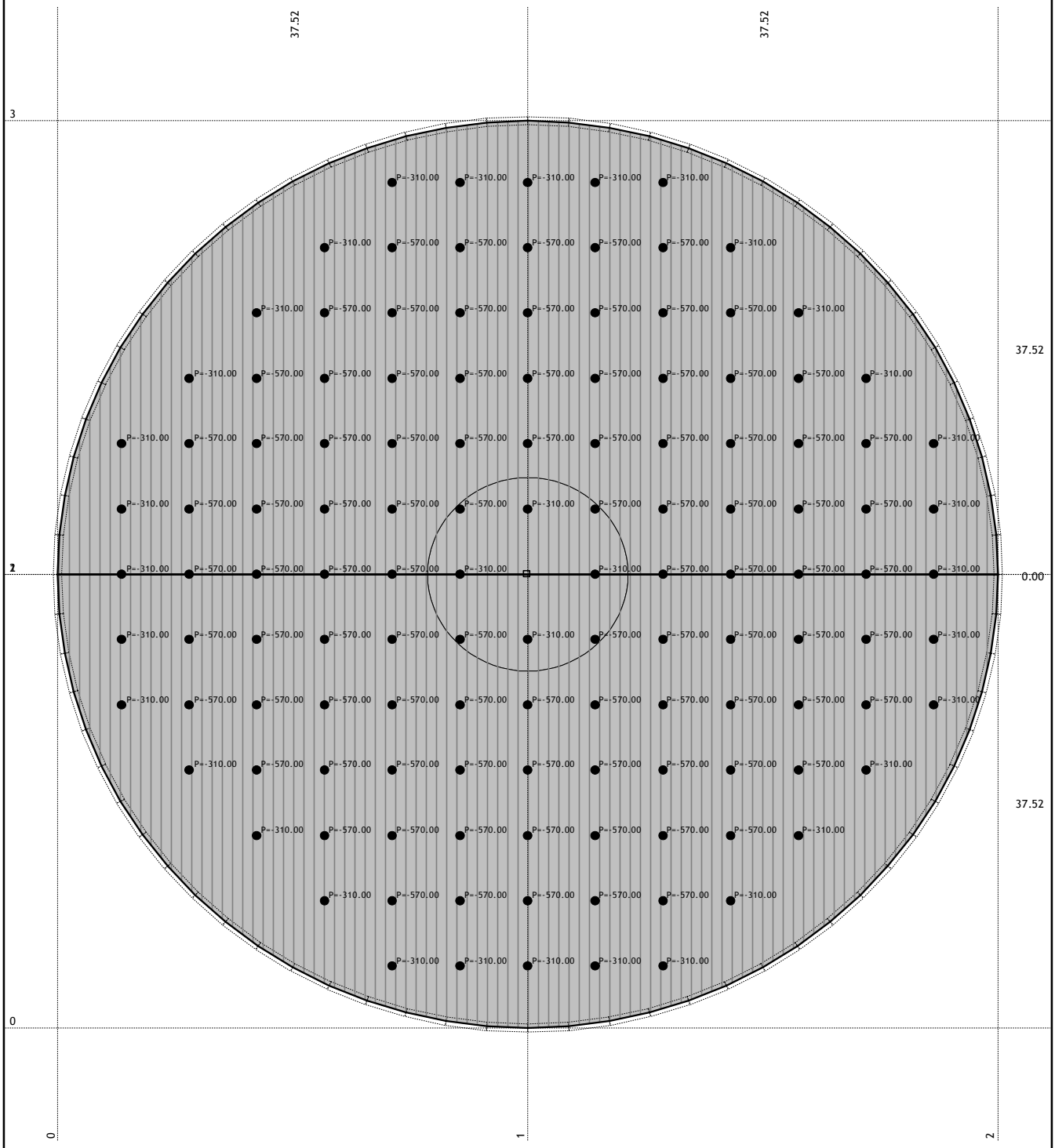
Periodi oscilovanja konstrukcije

No	T [s]	f [Hz]
1	2.9166	0.3429
2	2.9152	0.3430
3	0.515299	1.940621

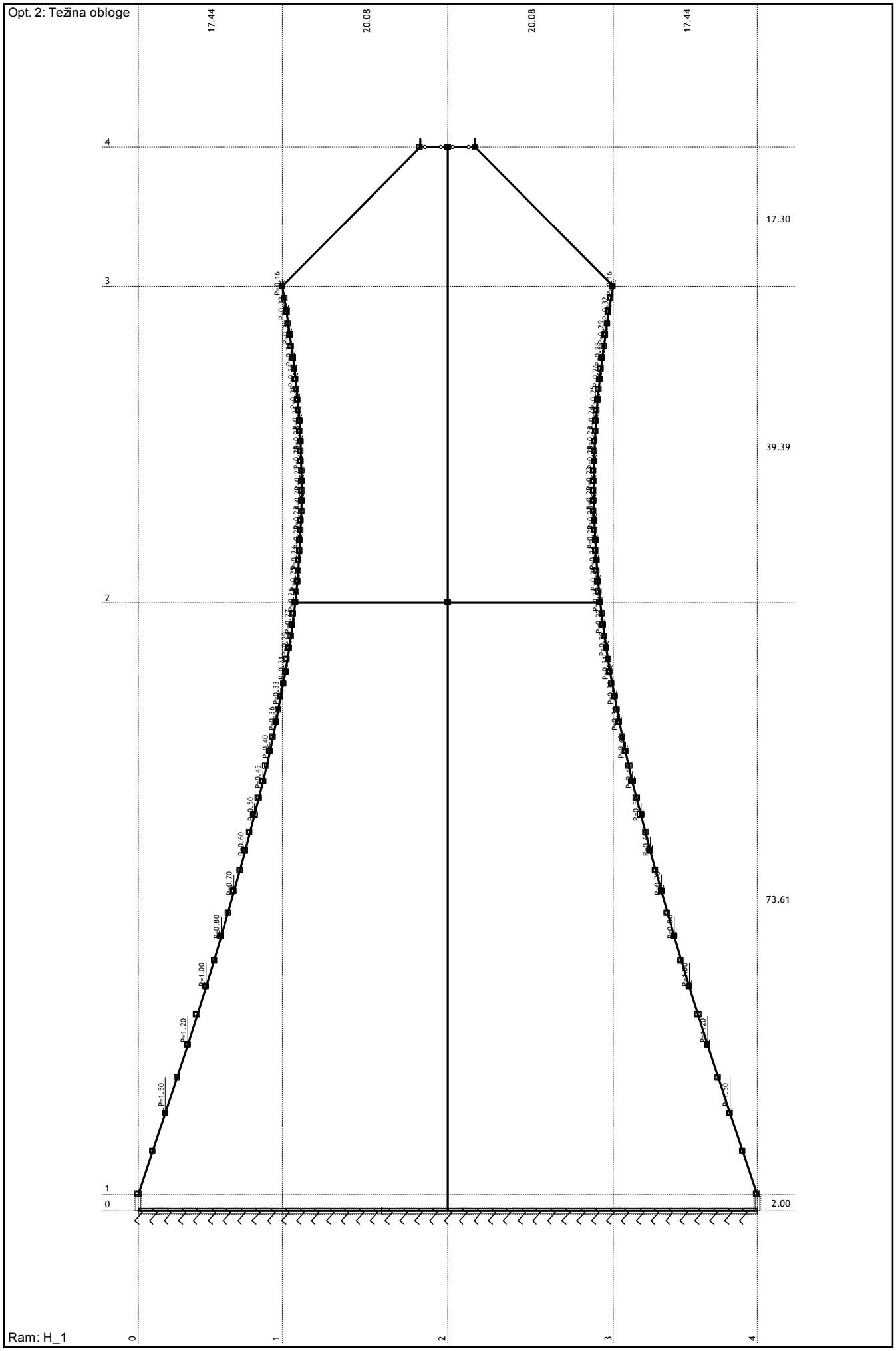
Ulazni podaci - Opterećenje

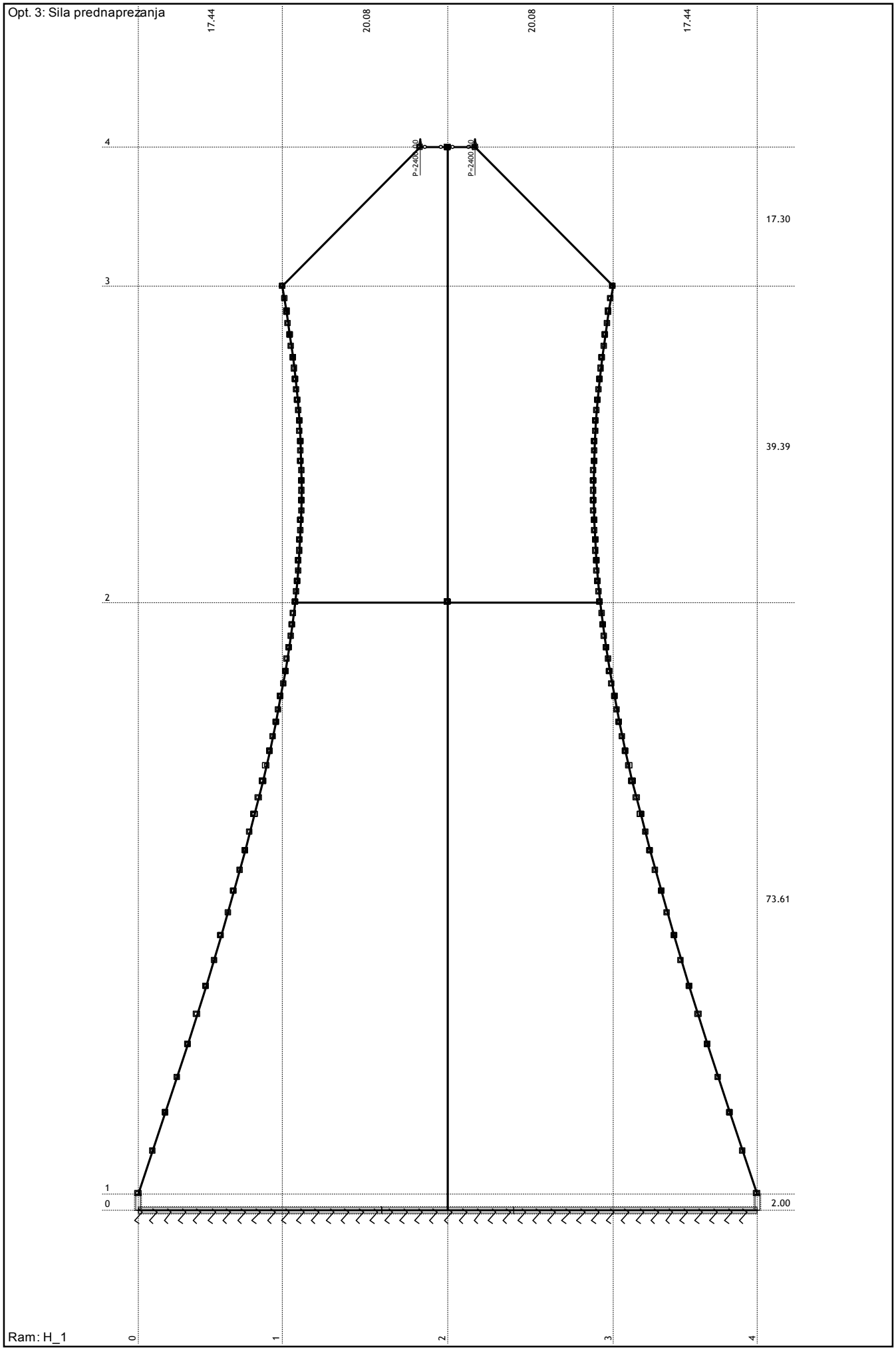


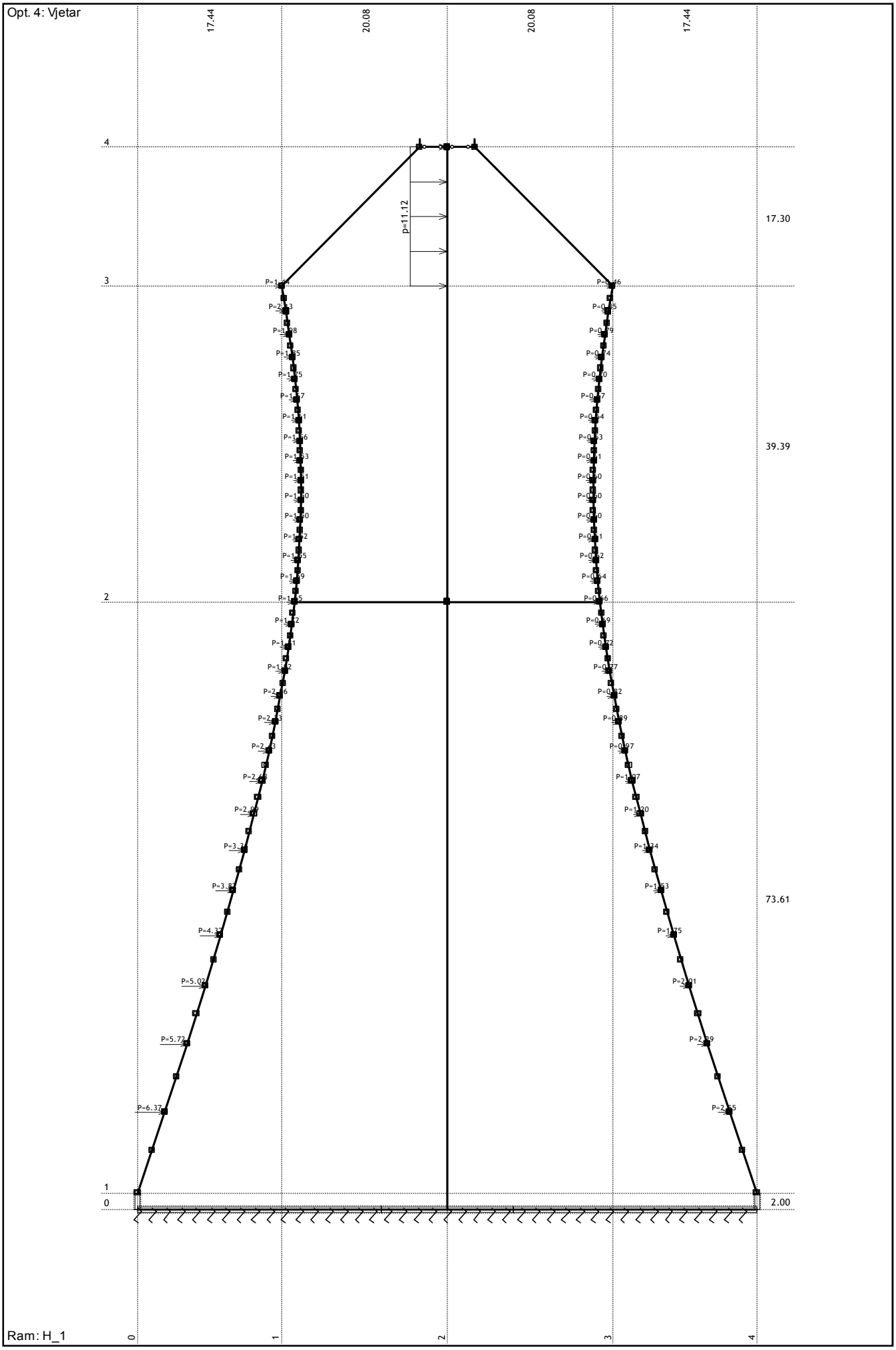
Opt. 1: Sopstvena težina (g)



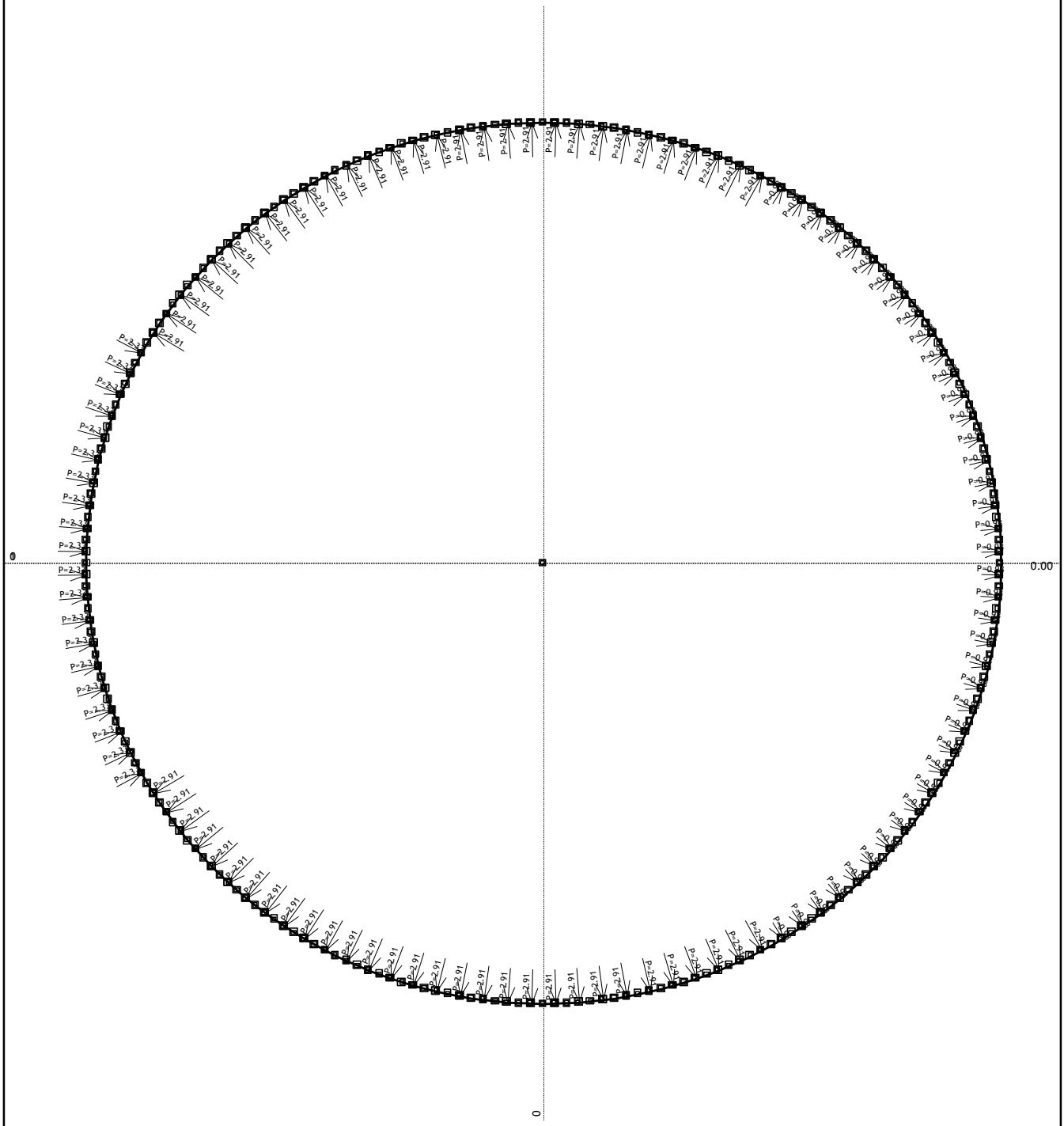
Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]


Opt. 2: Težina obloge
17.44
20.08
20.08
17.44
4
3
2
1
0
17.30
39.39
73.61
2.00
P=1.50
P=1.20
P=1.00
P=0.80
P=0.70
P=0.60
P=0.50
P=0.45
P=0.40
P=0.36
P=0.33
P=0.31
P=0.29
P=0.28
P=0.27
P=0.26
P=0.25
P=0.24
P=0.23
P=0.22
P=0.21
P=0.20
P=0.19
P=0.18
P=0.17
P=0.16
P=0.15
P=0.14
P=0.13
P=0.12
P=0.11
P=0.10
P=0.09
P=0.08
P=0.07
P=0.06
P=0.05
P=0.04
P=0.03
P=0.02
P=0.01
Ram: H_1
0
1
2
3
4

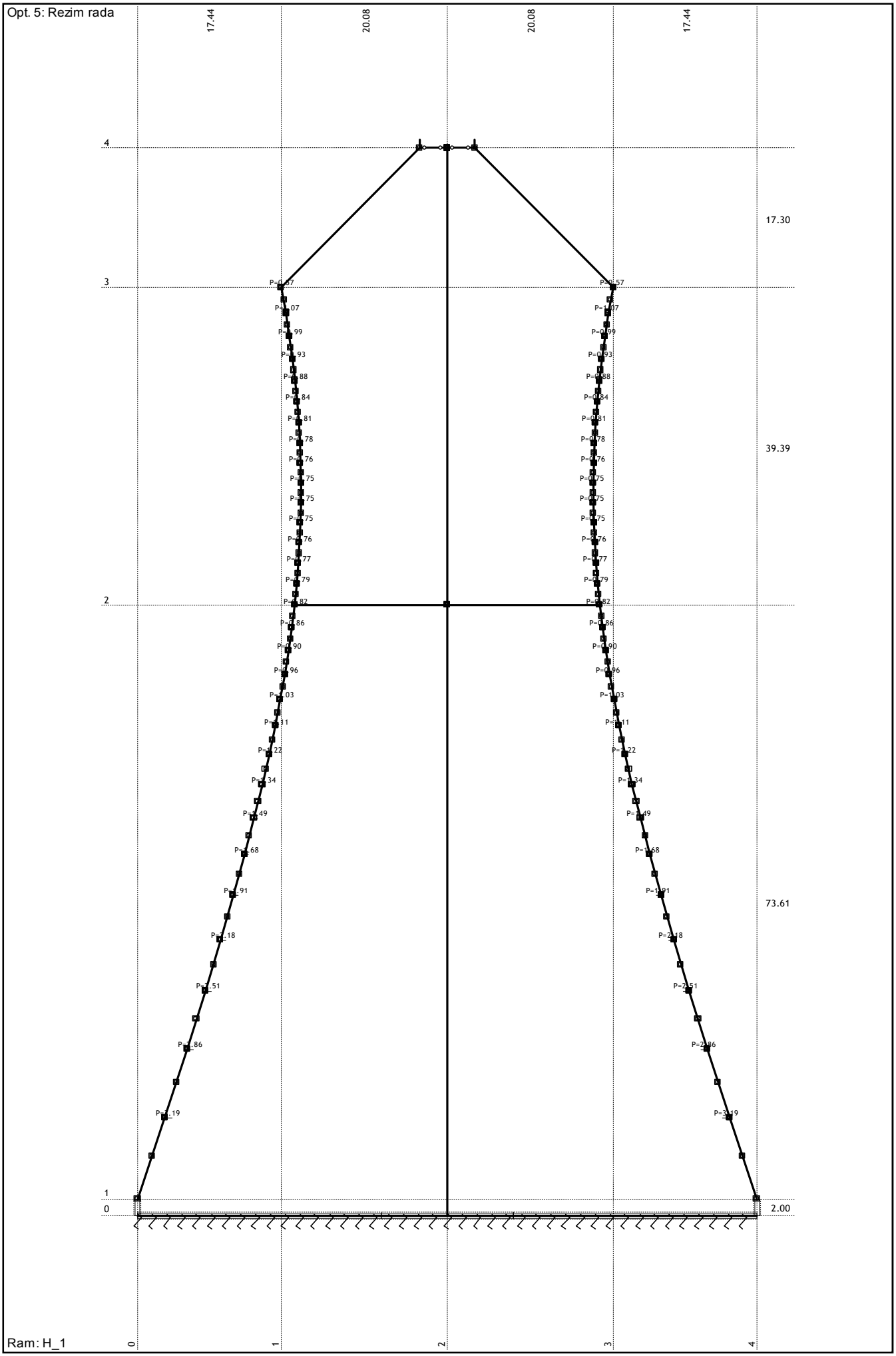

Opt. 3: Sila prednaprezanja
17.44
20.08
20.08
17.44
4
3
2
1
0
P=2400.00
P=2400.00
17.30
39.39
73.61
2.00
Ram: H_1
0
1
2
3
4


Opt. 4: Vjetar
17.44
20.08
20.08
17.44
p=11.12
17.30
39.39
73.61
2.00
Ram: H_1

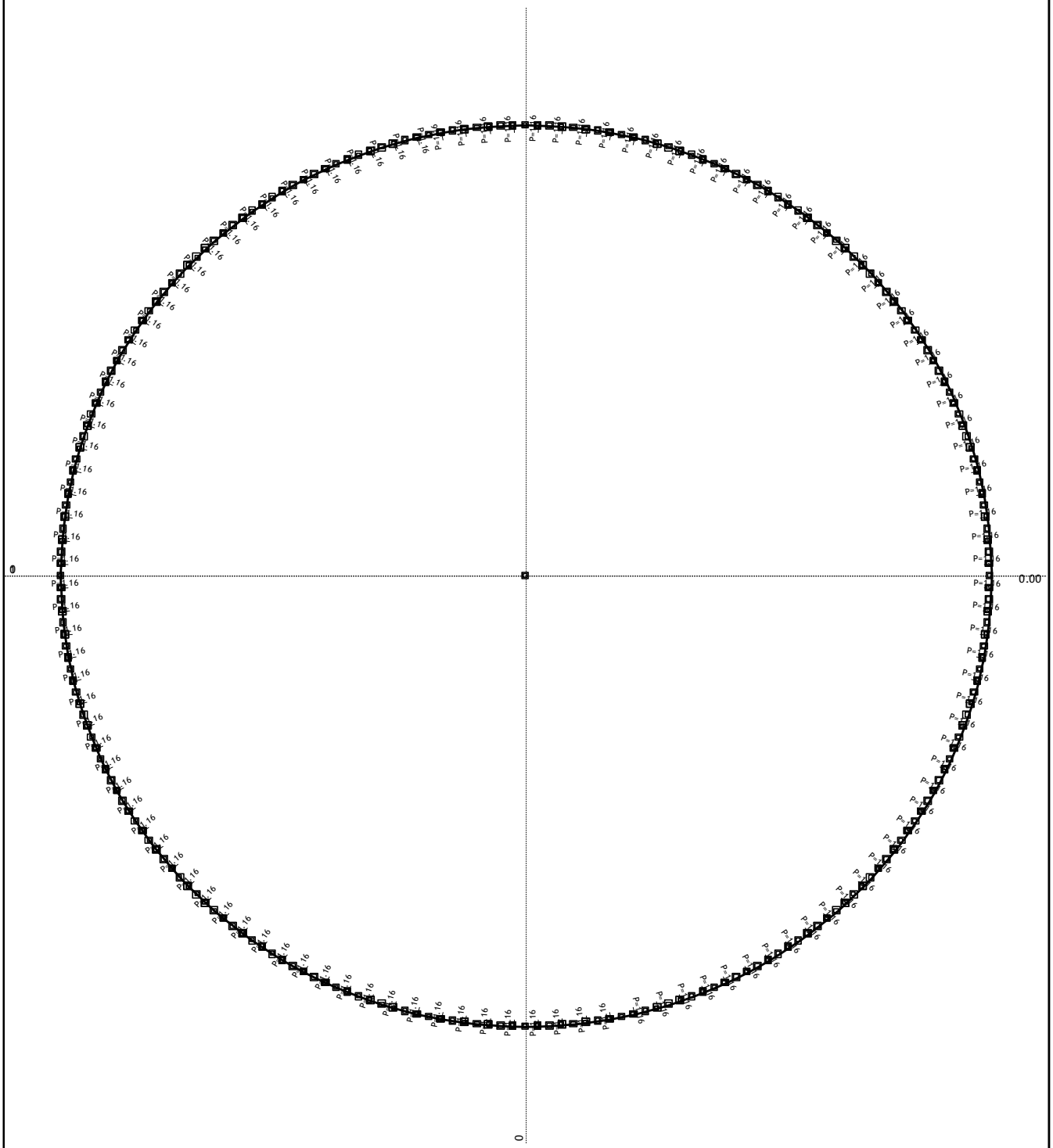
Opt. 4: Vjetar



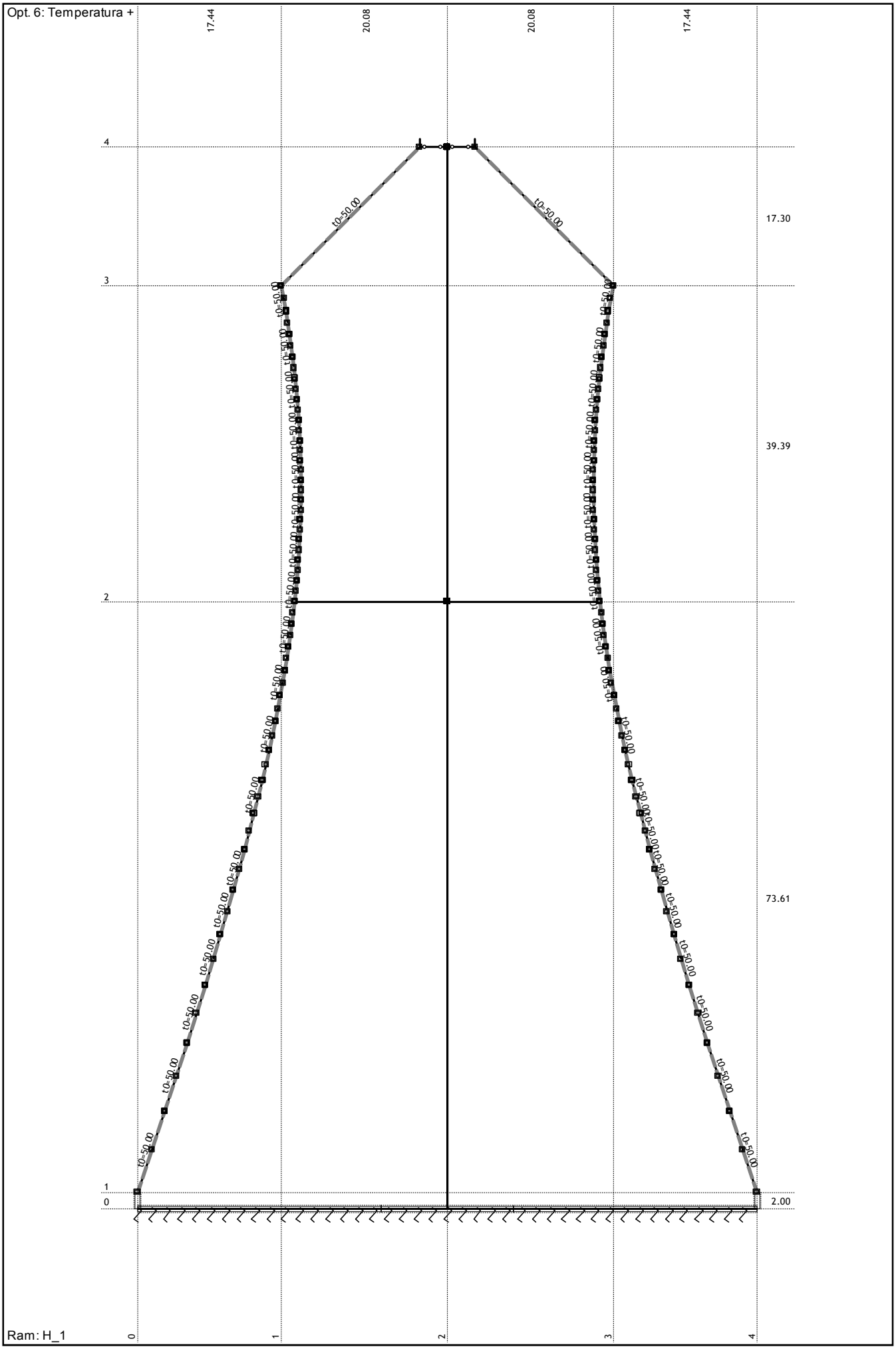
Nivo: Vezna greda [56.91 m]

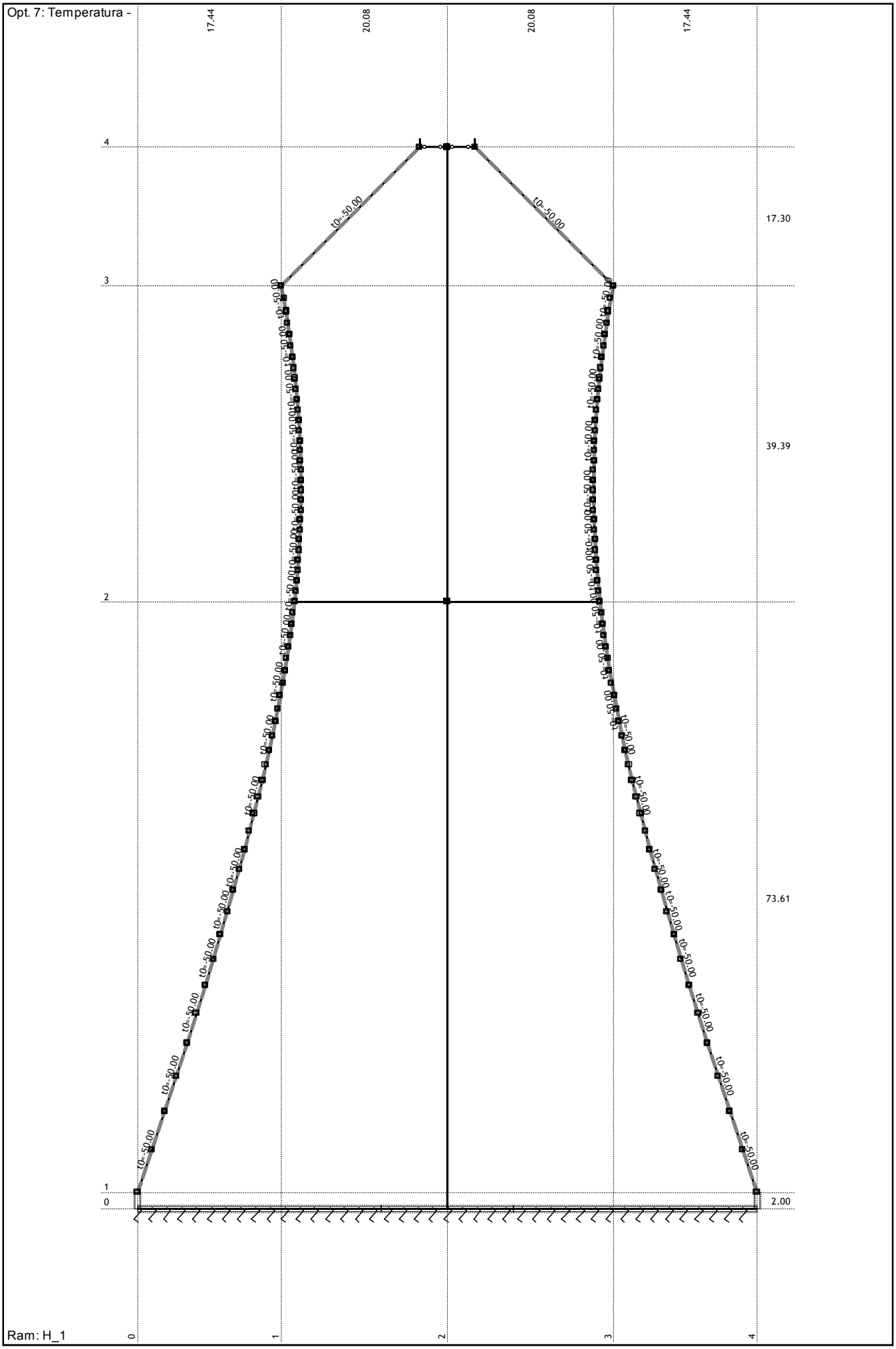

Opt. 5: Rezim rada
17.44
20.08
20.08
17.44
4
3
2
1
0
17.30
39.39
73.61
2.00
Ram: H_1
0
1
2
3
4

Opt. 5: Rezim rada

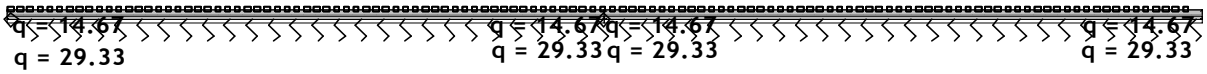


Nivo: Vezna greda [56.91 m]


Opt. 6: Temperatura +
17.44
20.08
20.08
17.44
4
3
2
1
0
17.30
39.39
73.61
2.00
t0=50.00
Ram: H_1
0
1
2
3
4

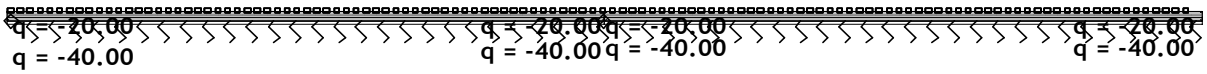

Opt. 7: Temperatura -
17.44
20.08
20.08
17.44
4
3
2
1
0
17.30
39.39
73.61
2.00
t0=-50.00
Ram: H_1
0
1
2
3
4

Opt. 8: Pritisak tla



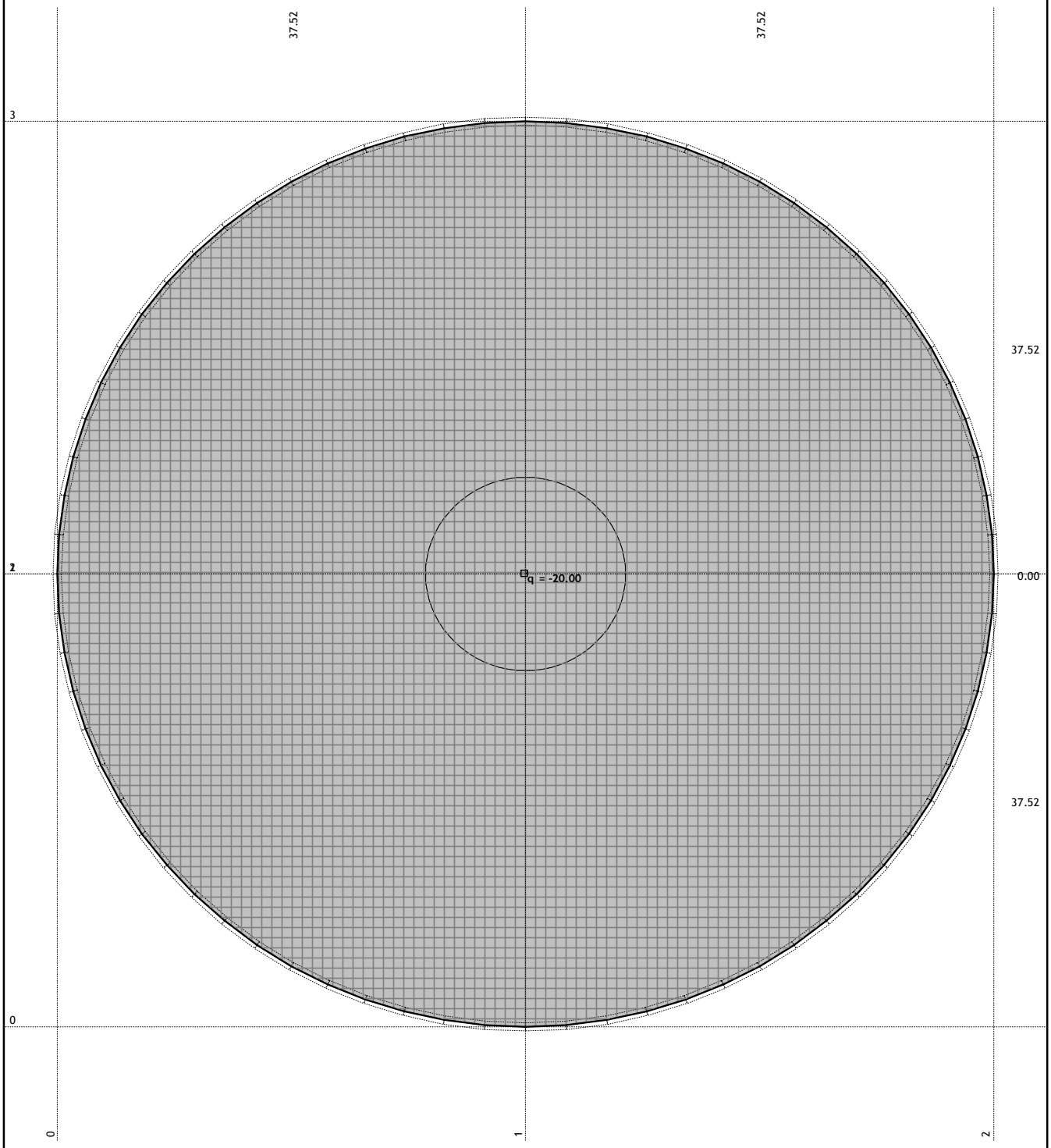
Ram: C_28

Opt. 9: Pritisak vode

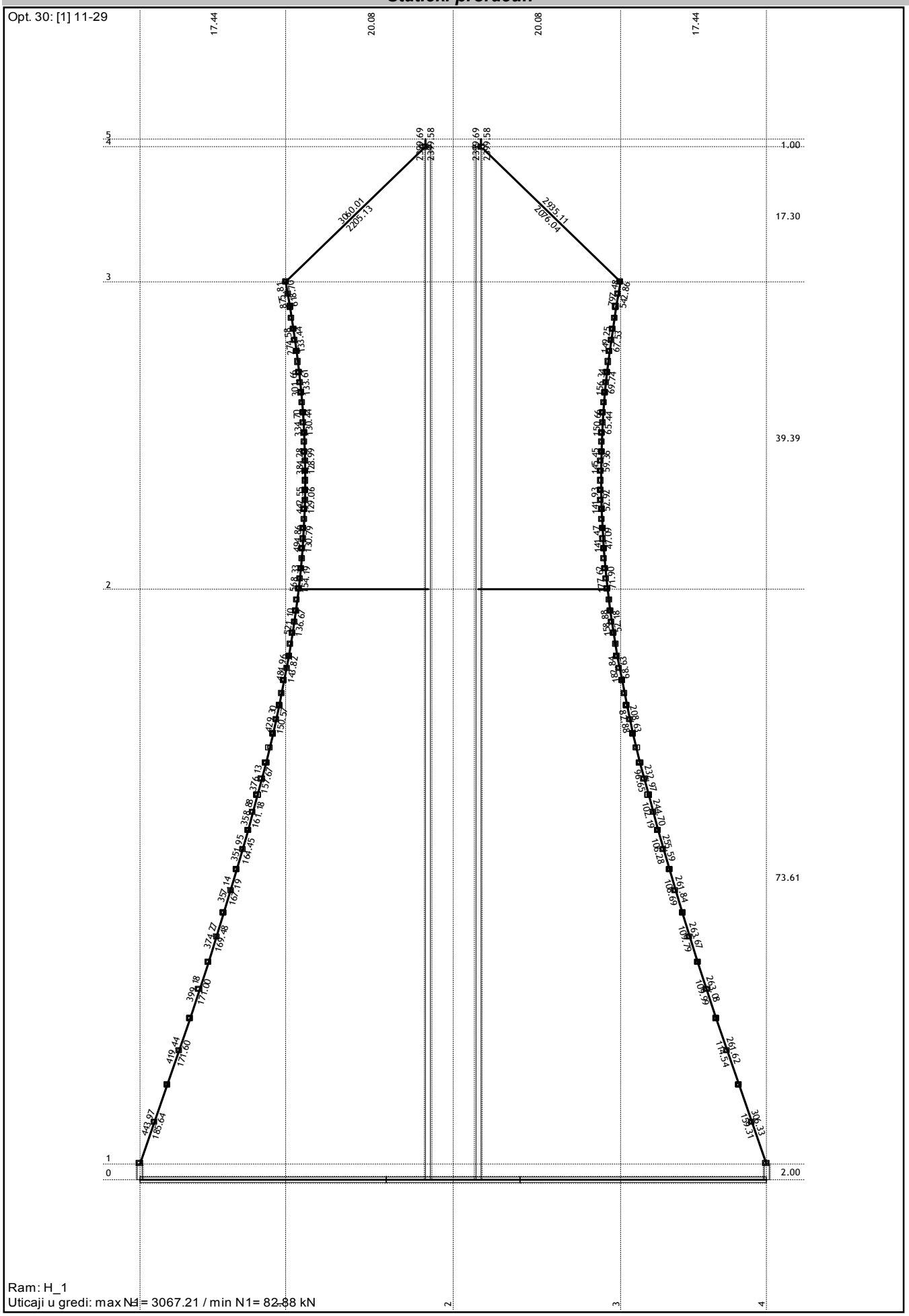


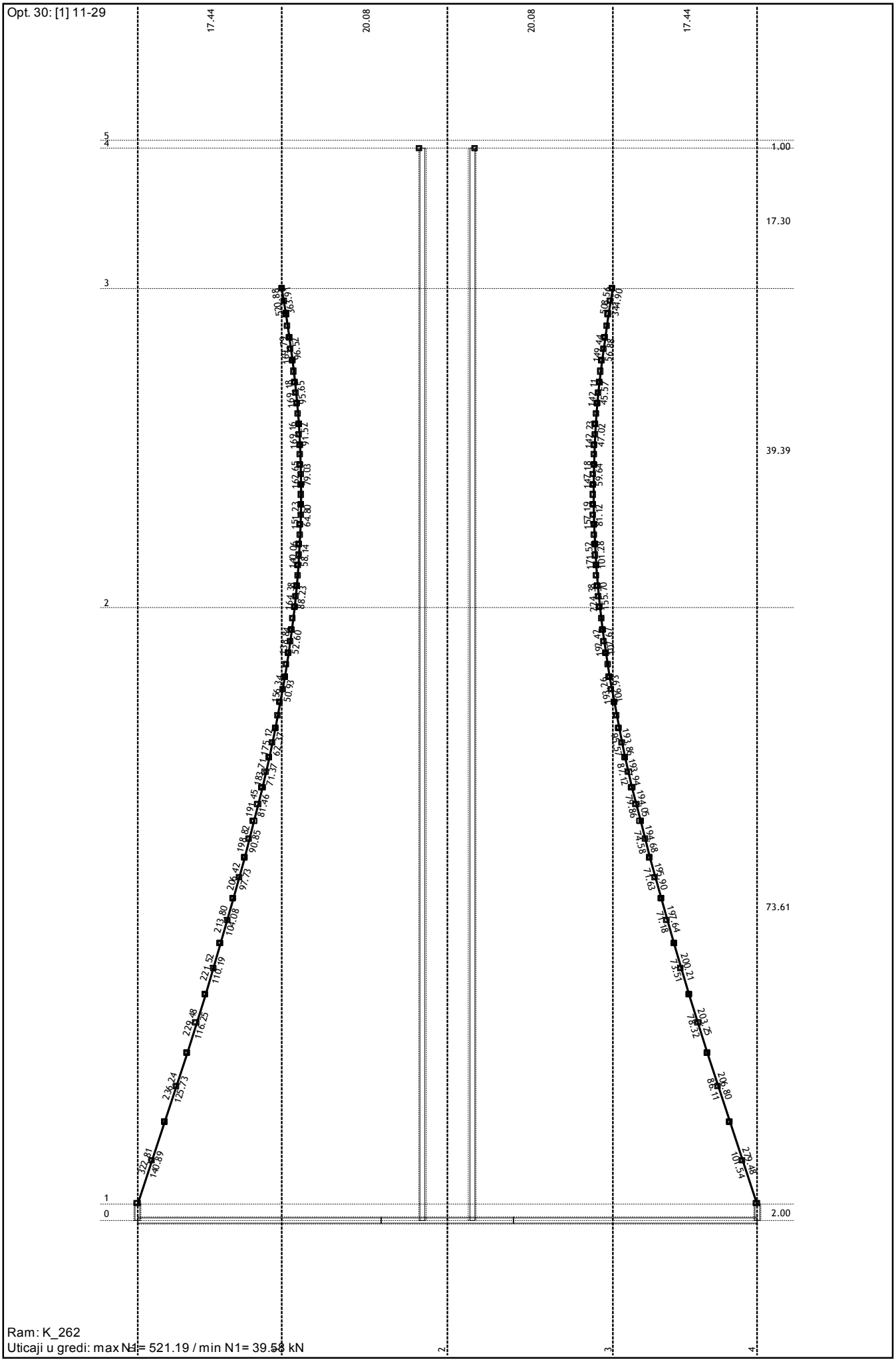
Ram: C_28

Opt. 9: Pritisak vode

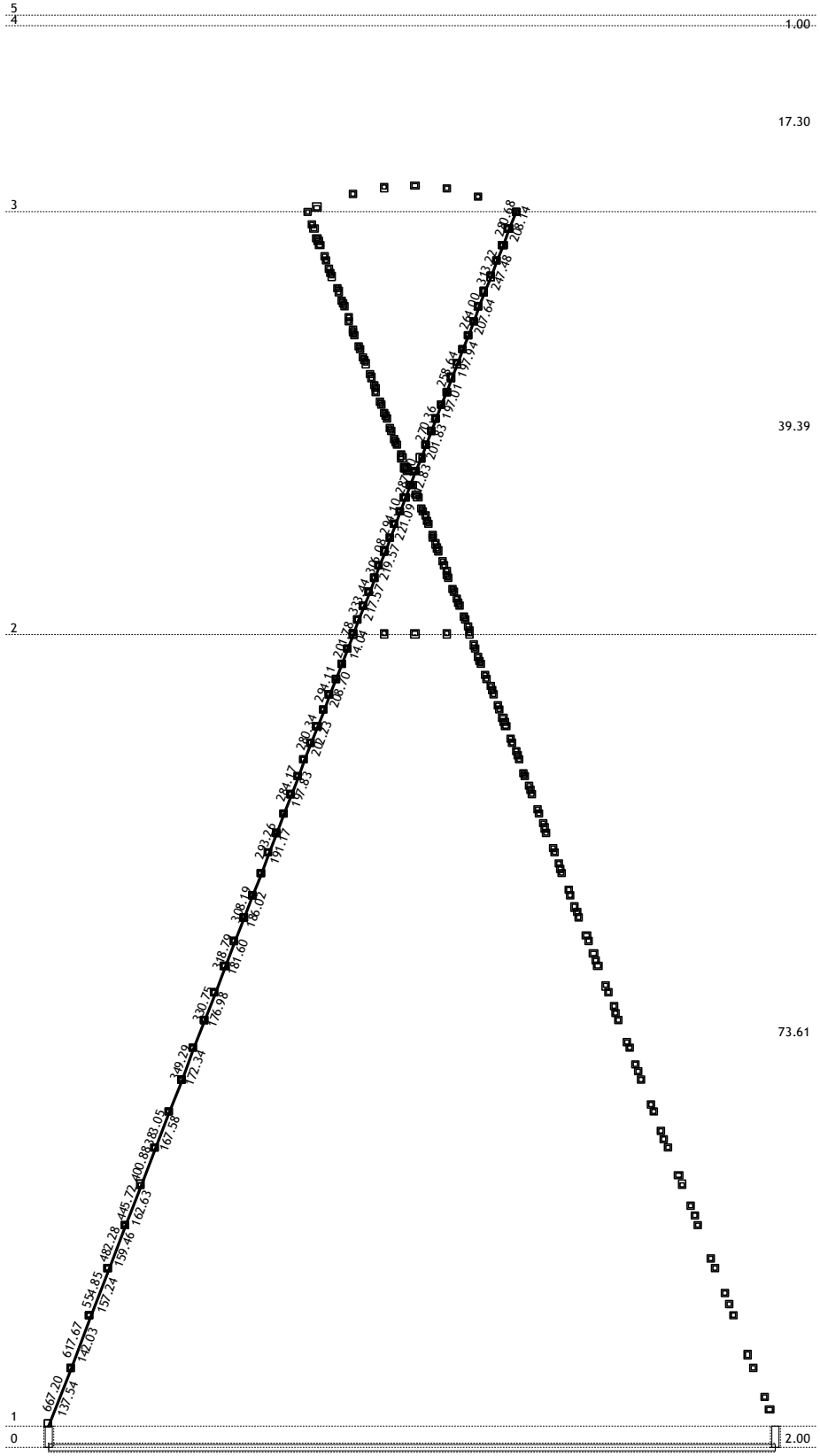


Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]


Opt. 30: [1] 11-29
17.44
20.08
20.08
17.44
1.00
17.30
39.39
73.61
2.00
3060.01
2205.13
2935.41
2076.04
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max N1= 3067.21 / min N1= 82.88 kN

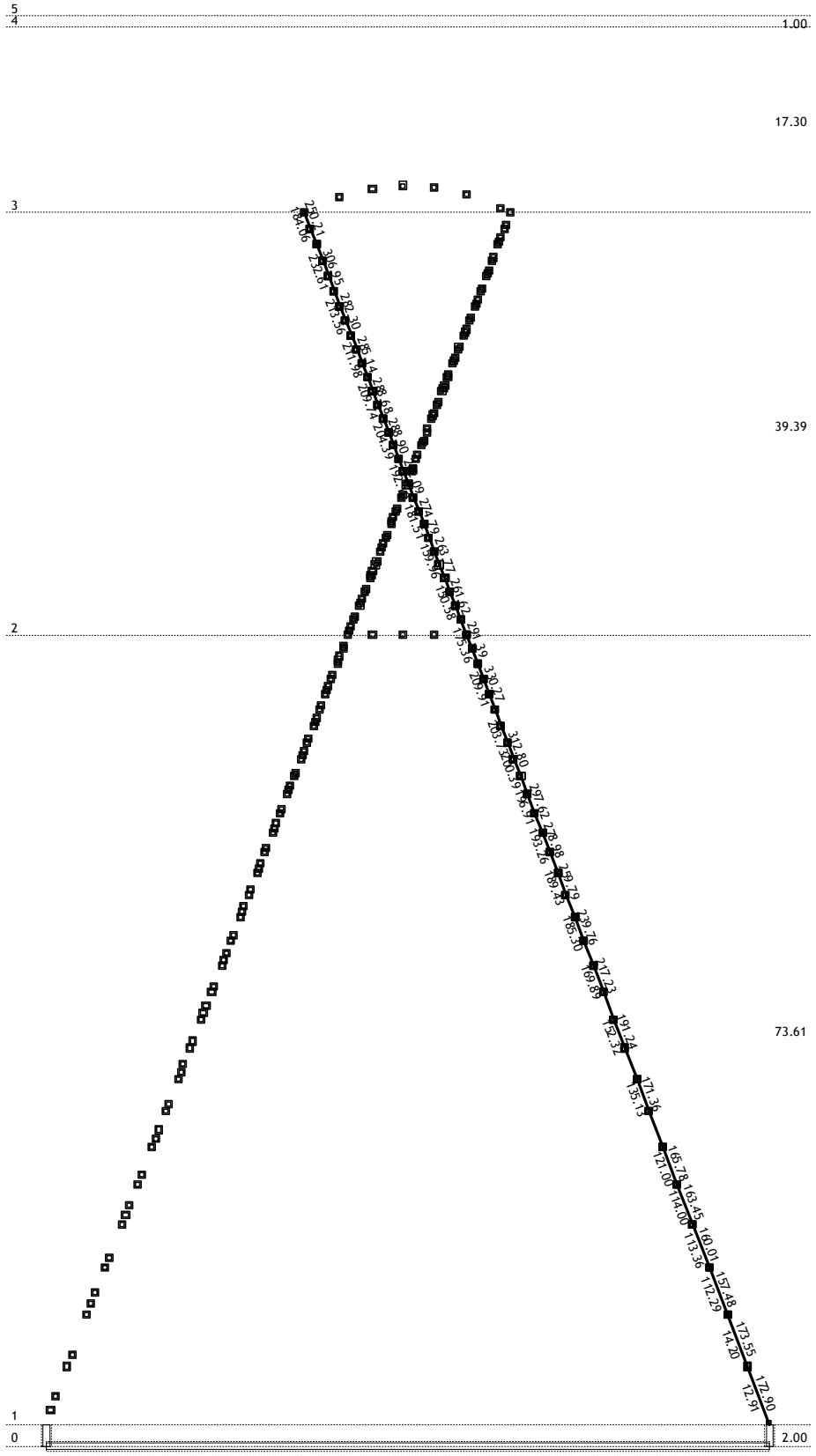

Opt. 30: [1] 11-29
17.44
20.08
20.08
17.44
1.00
17.30
39.39
73.61
2.00
Ram: K_262
Uticaji u gredi: max N1= 521.19 / min N1= 39.58 kN

Opt. 30: [1] 11-29



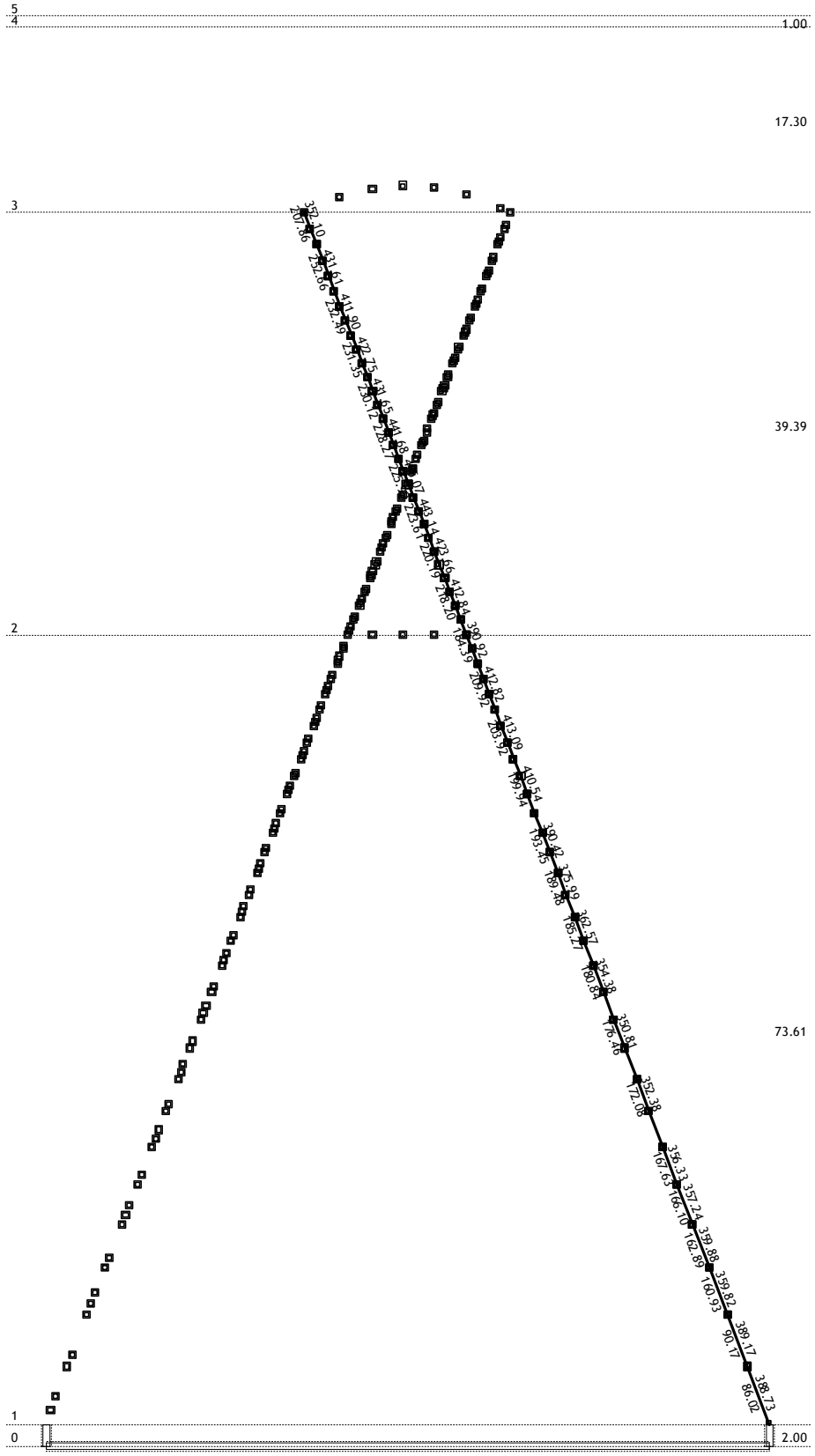
Ram: K_250
Uticaji u gredi: max N1= 667.74 / min N1= 1.32 kN

Opt. 30: [1] 11-29



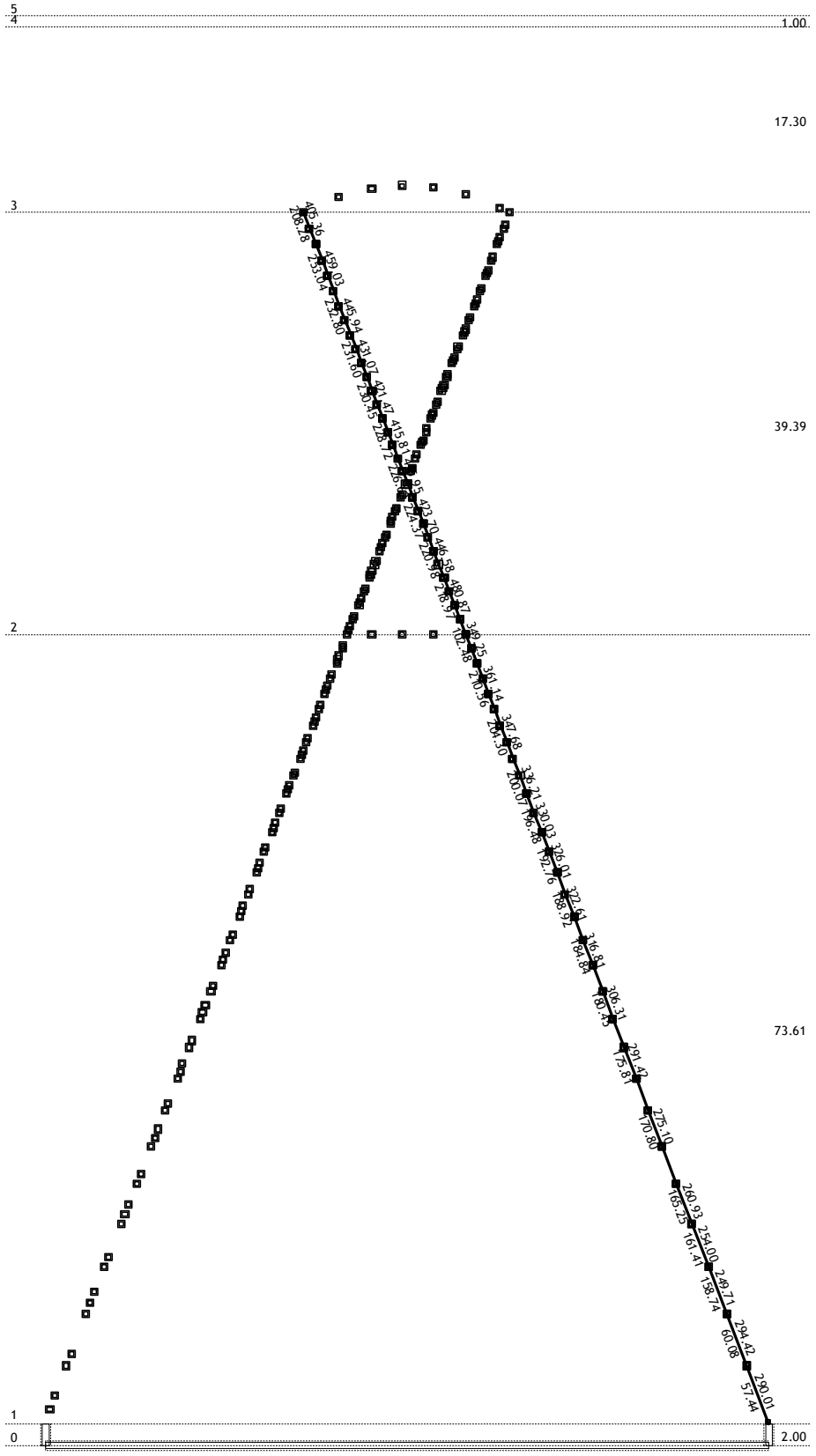
Ram: K_171
Uticaji u gredi: max N1= 335.74 / min N1= 12.38 kN

Opt. 30: [1] 11-29



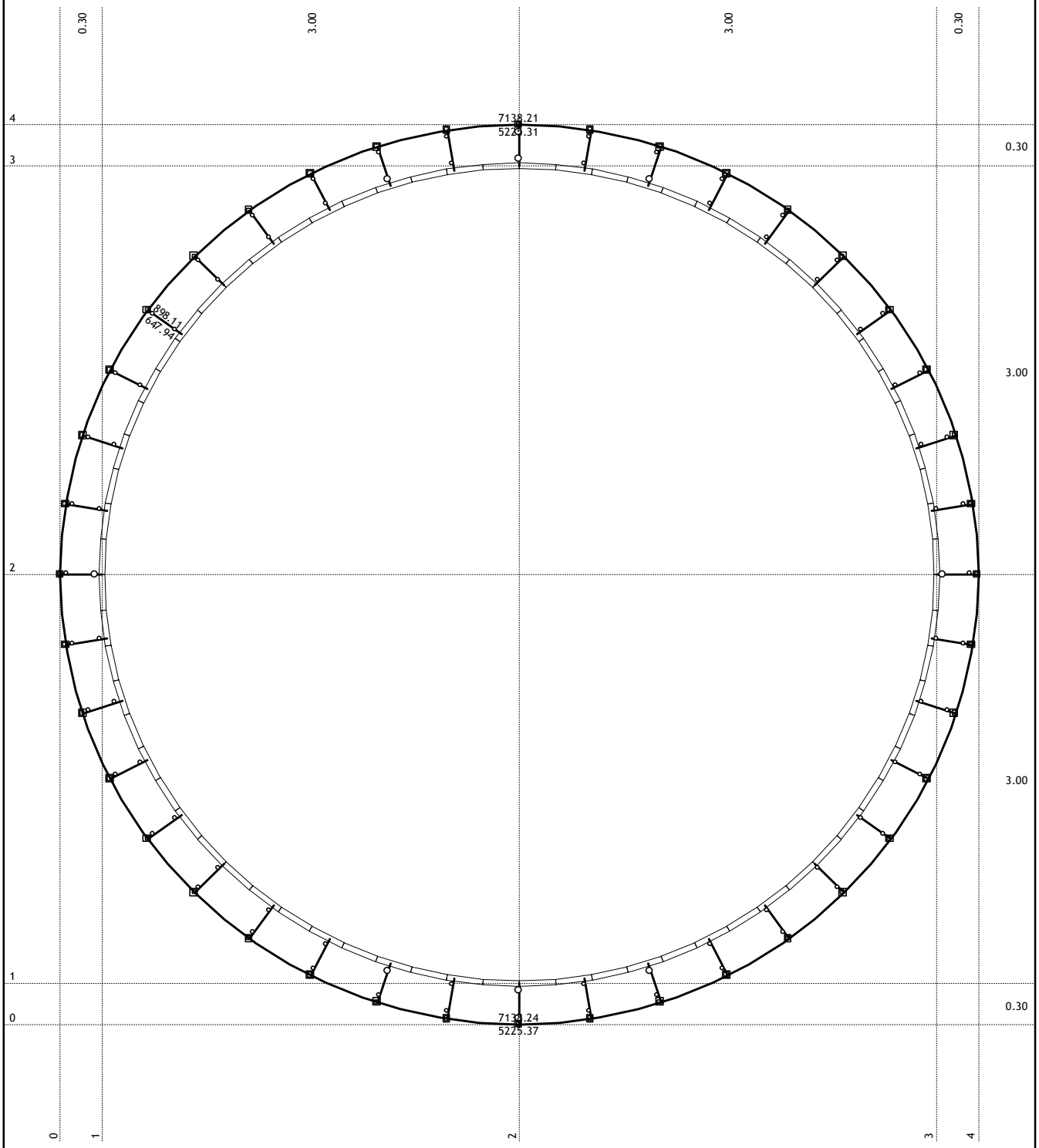
Ram: K_69
Uticaji u gredi: max N1= 447.72 / min N1= 85.48 kN

Opt. 30: [1] 11-29



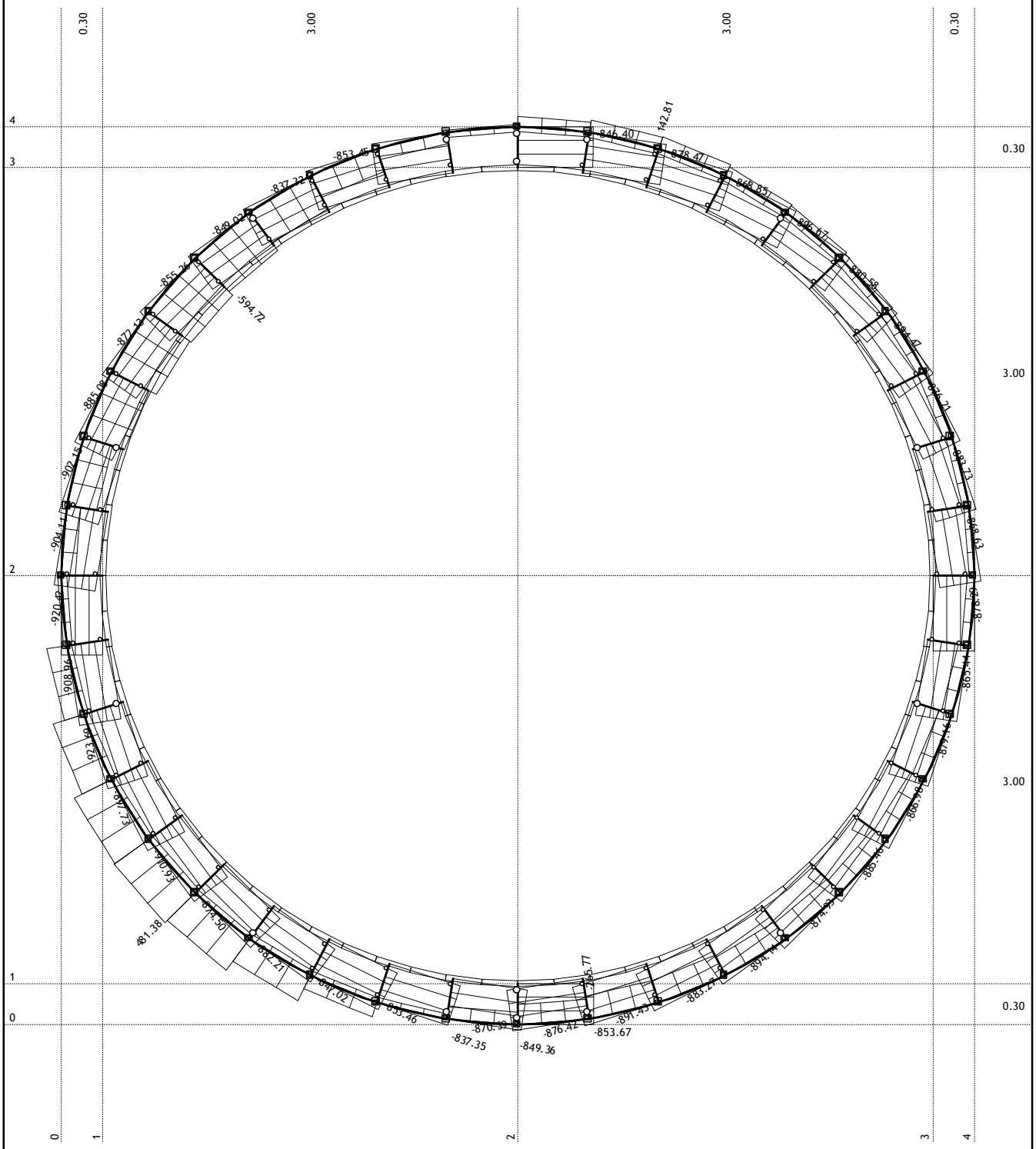
Ram: K_28
Uticaji u gredi: max N1= 480.97 / min N1= 56.90 kN

Opt. 30: [1] 11-29



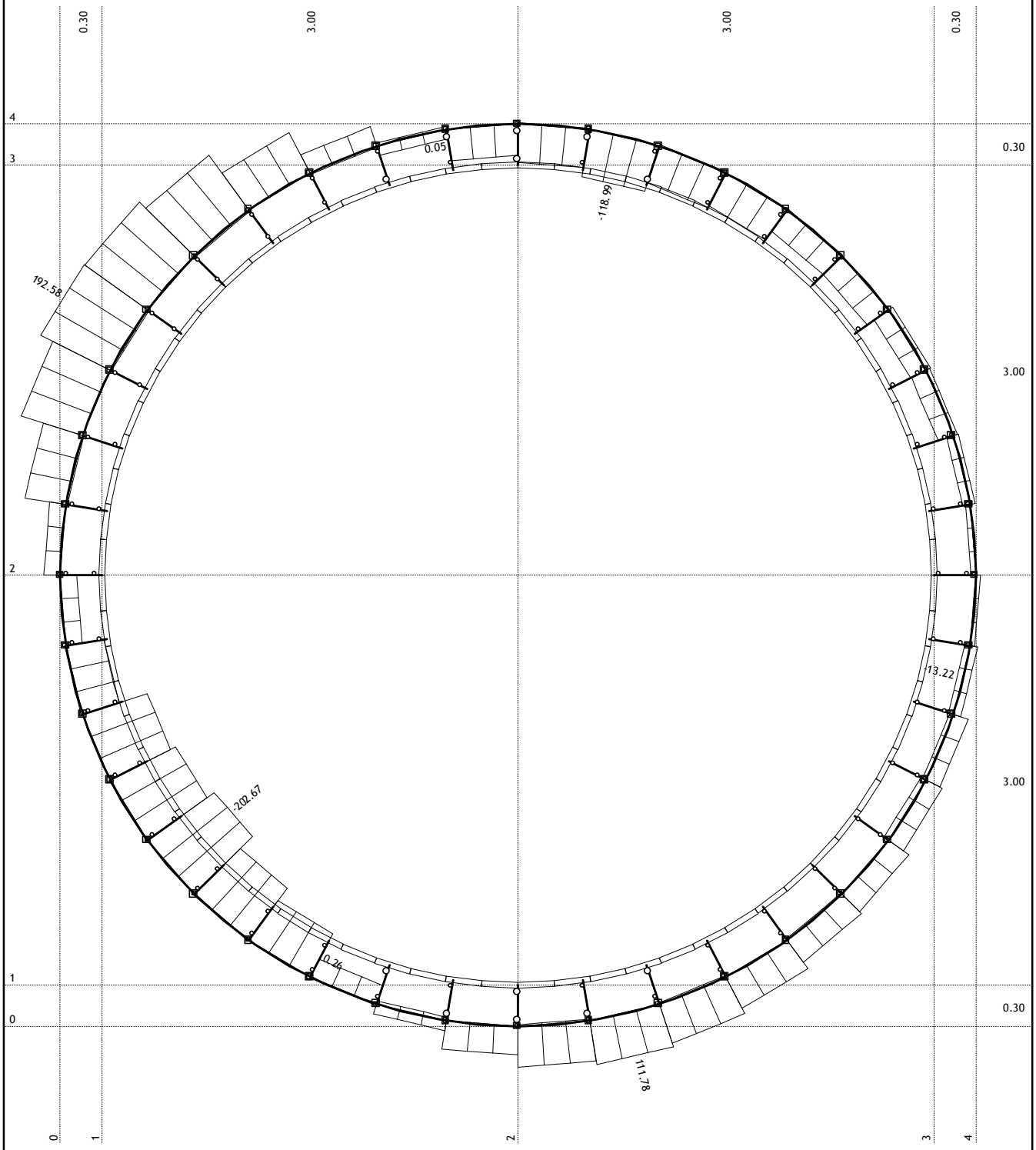
Nivo: Prirubni prsten [129.30 m]
Uticaji u gredi: max N1= 7193.48 / min N1=5225.37 kN

Opt. 30: [1] 11-29



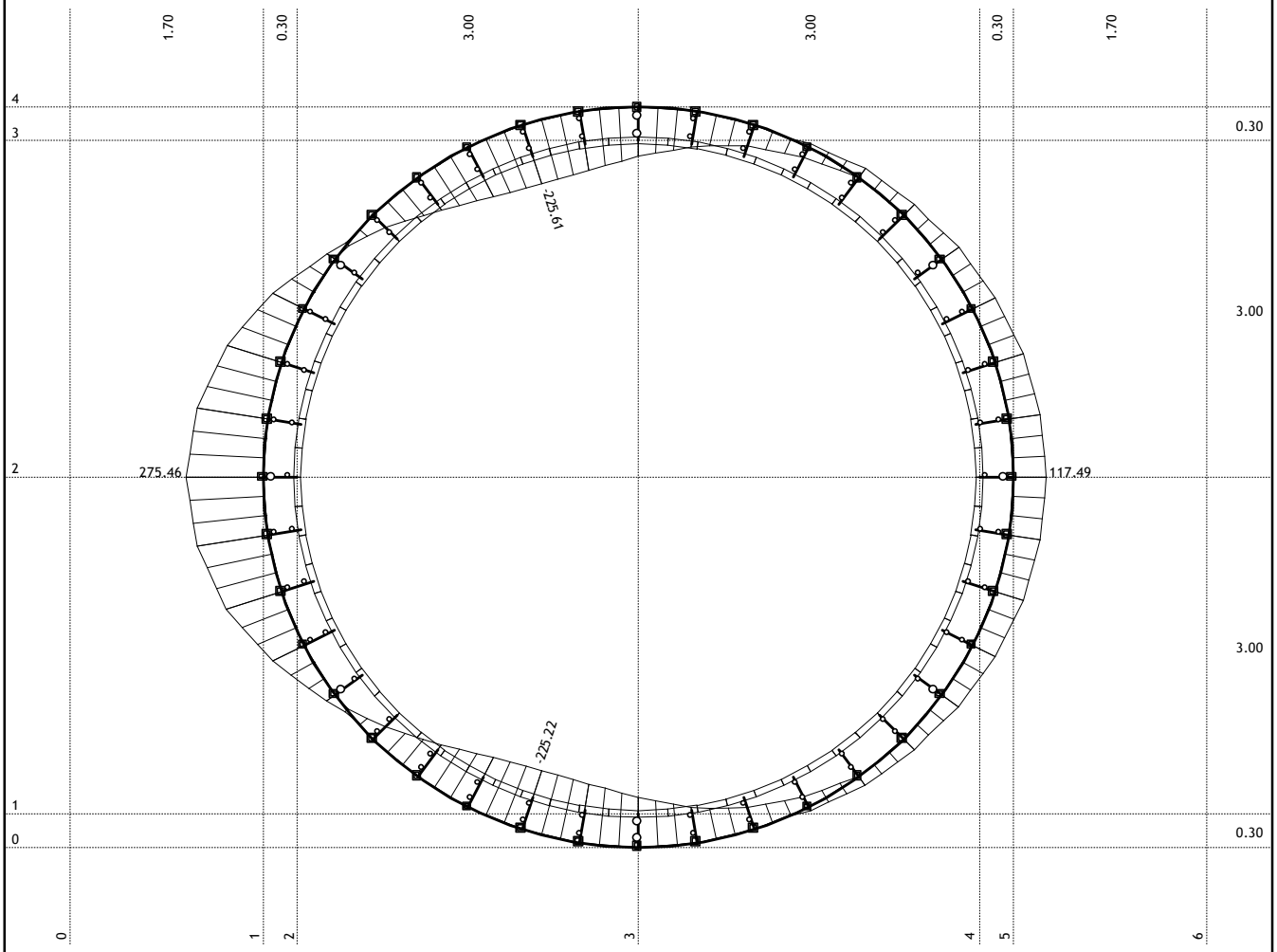
Nivo: Prirubni prsten [129.30 m]
Uticaji u gredi: max T2= 481.38 / min T2= -923.69 kN

Opt. 30: [1] 11-29



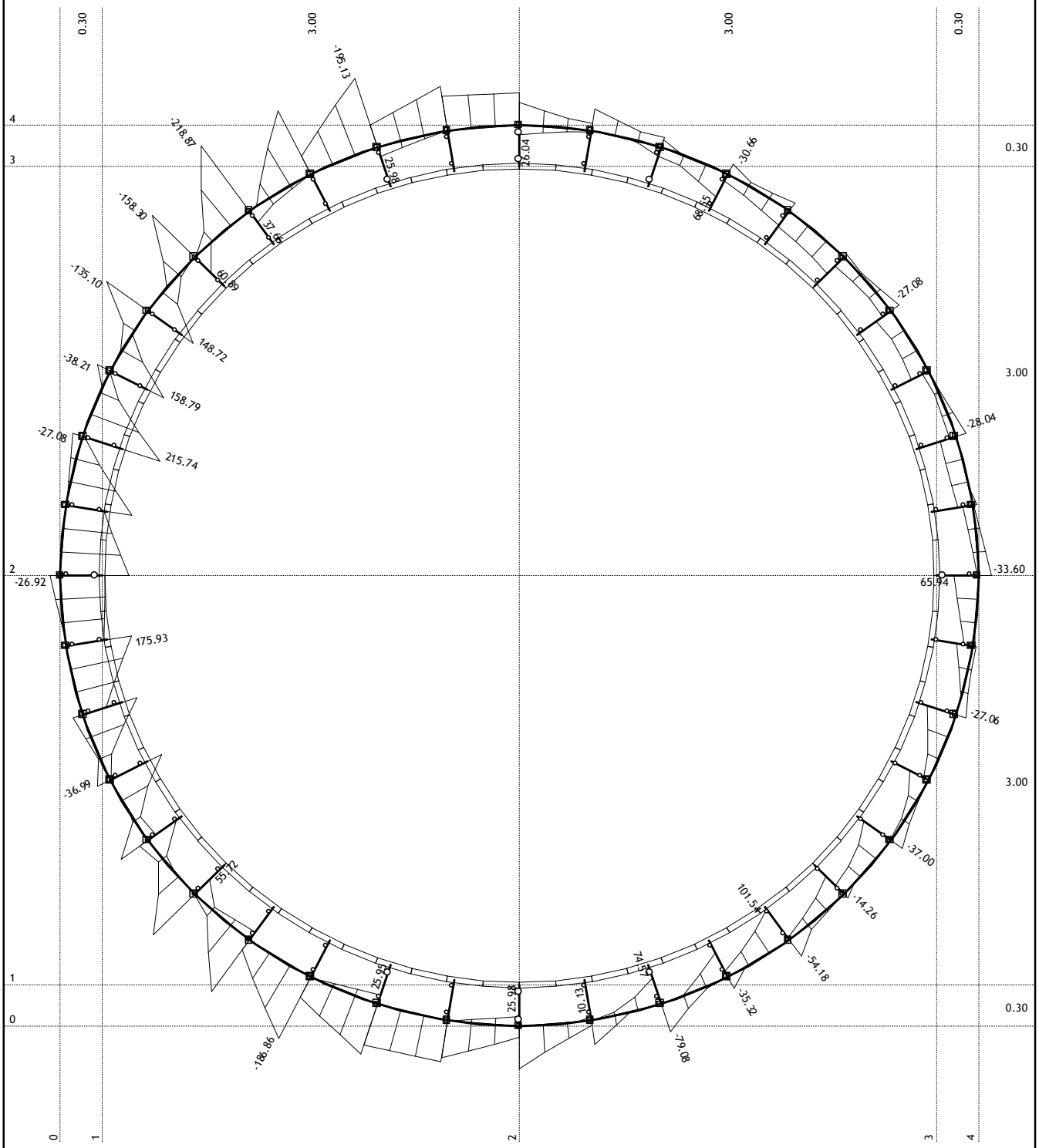
Nivo: Prirubni prsten [129.30 m]
Uticaji u gredi: max T3= 192.58 / min T3= -202.67 kN

Opt. 30: [1] 11-29



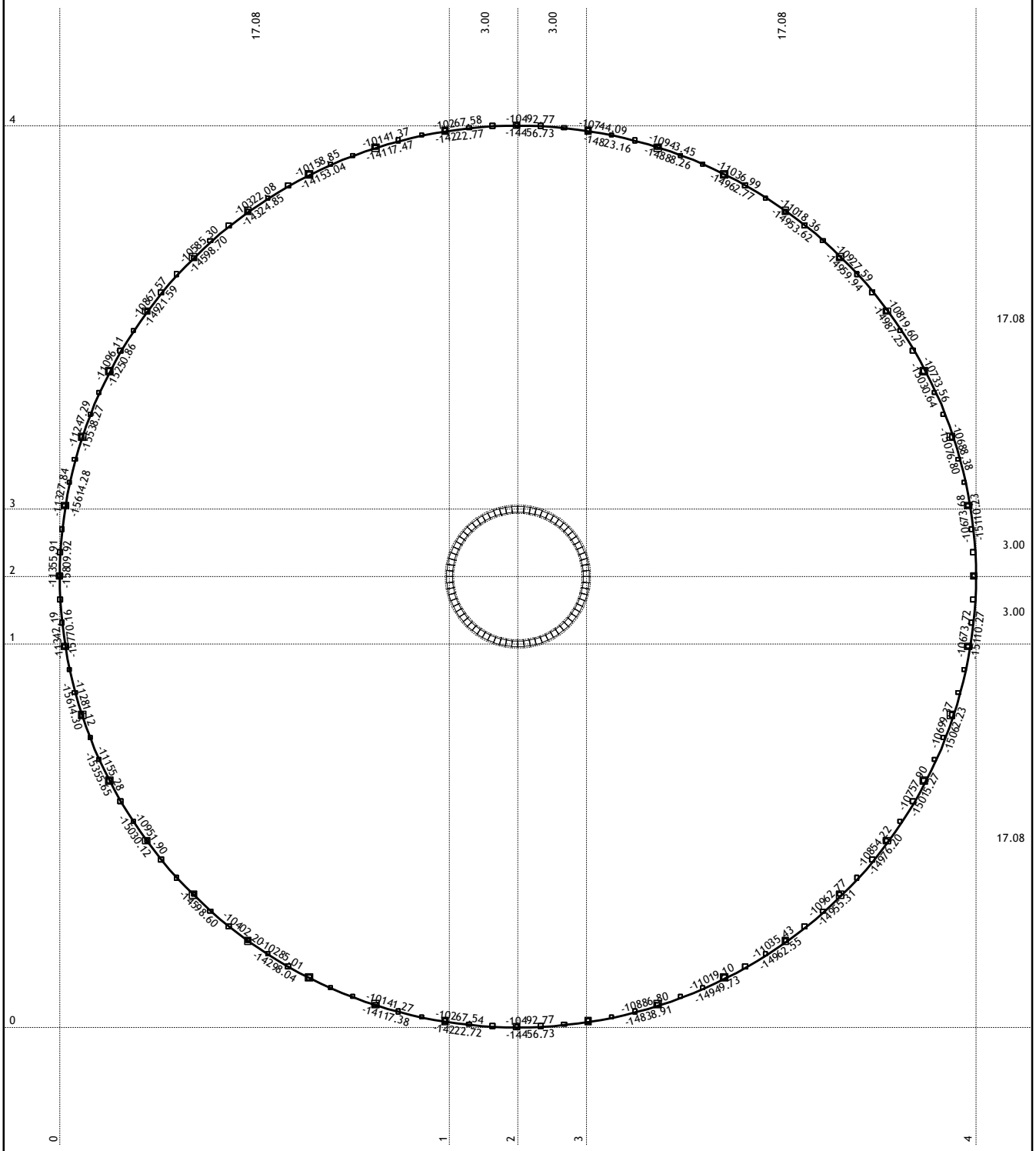
Nivo: Prirubni prsten [129.30 m]
Uticaji u gredi: max M2= 275.46 / min M2= -225.61 kNm

Opt. 30: [1] 11-29



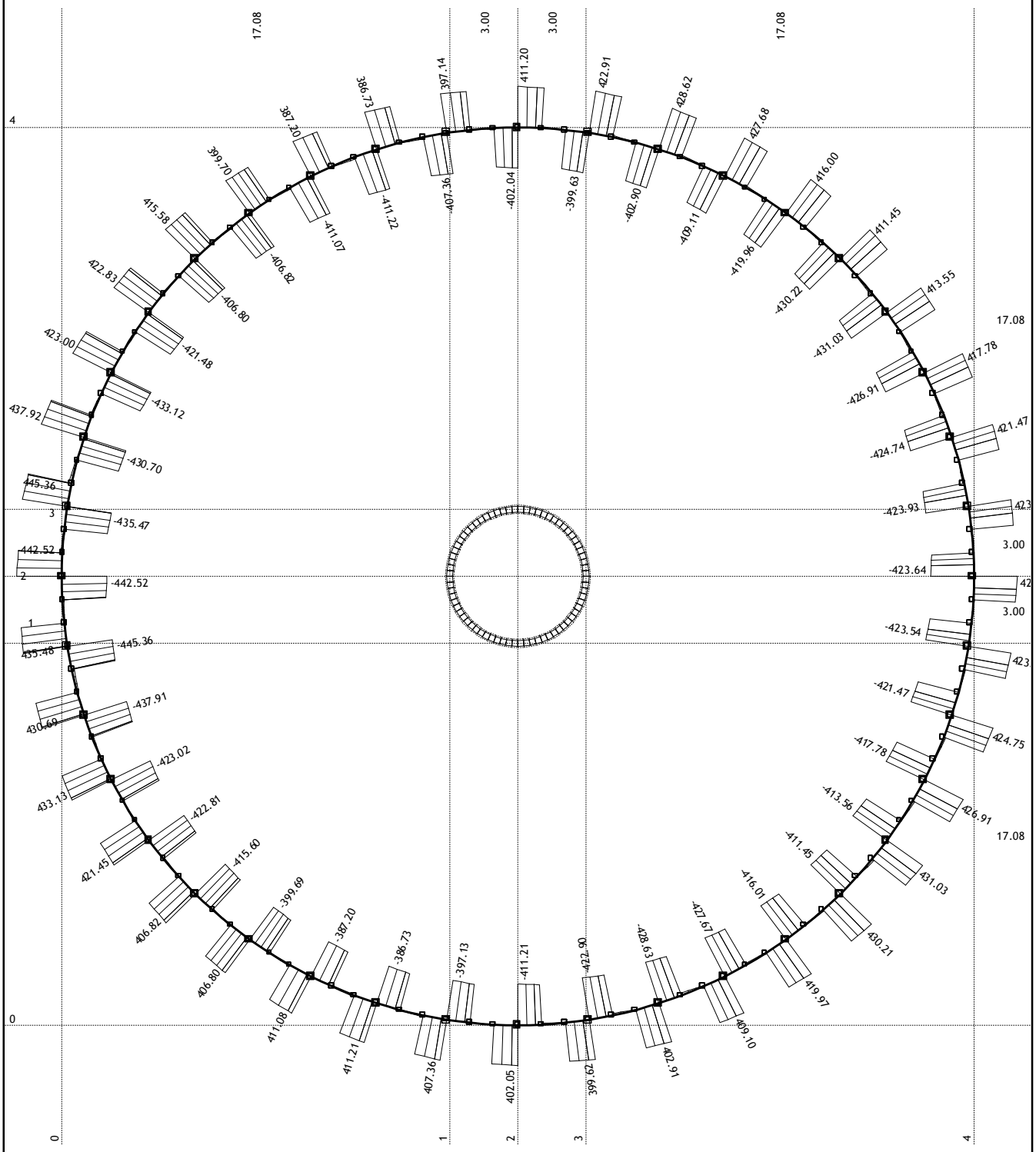
Nivo: Prirubni prsten [129.30 m]
Uticaji u gredi: max M3= 215.74 / min M3= -218.87 kNm

Opt. 30: [1] 11-29



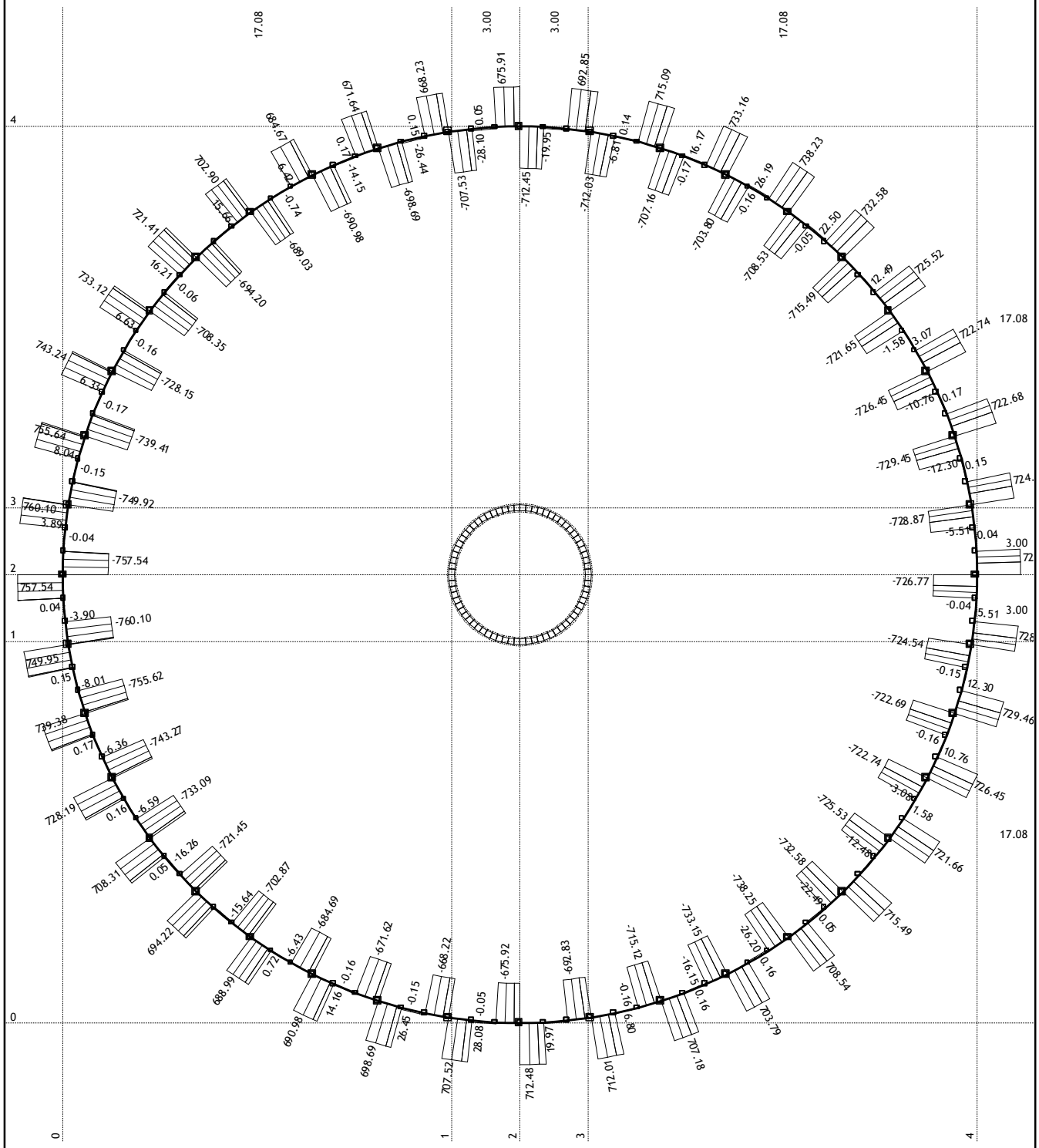
Nivo: Pitisnuti prsten [113.00 m]
Uticaji u gredi: max N1= -10129.87 / min N1= -15845.03 kN

Opt. 30: [1] 11-29



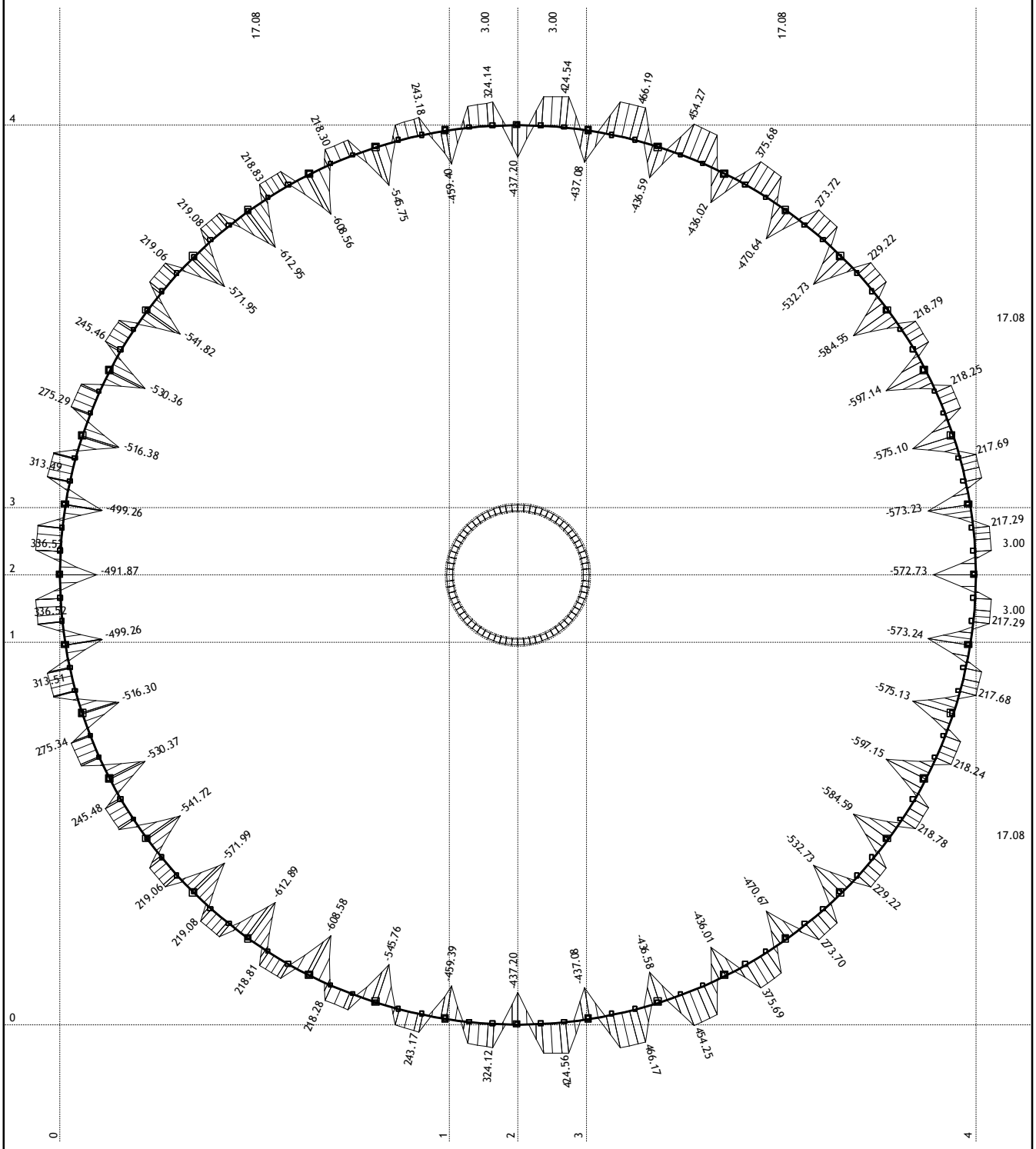
Nivo: Pitisnuti prsten [113.00 m]
Uticaji u gredi: max T2= 445.36 / min T2= -445.36 kN

Opt. 30: [1] 11-29



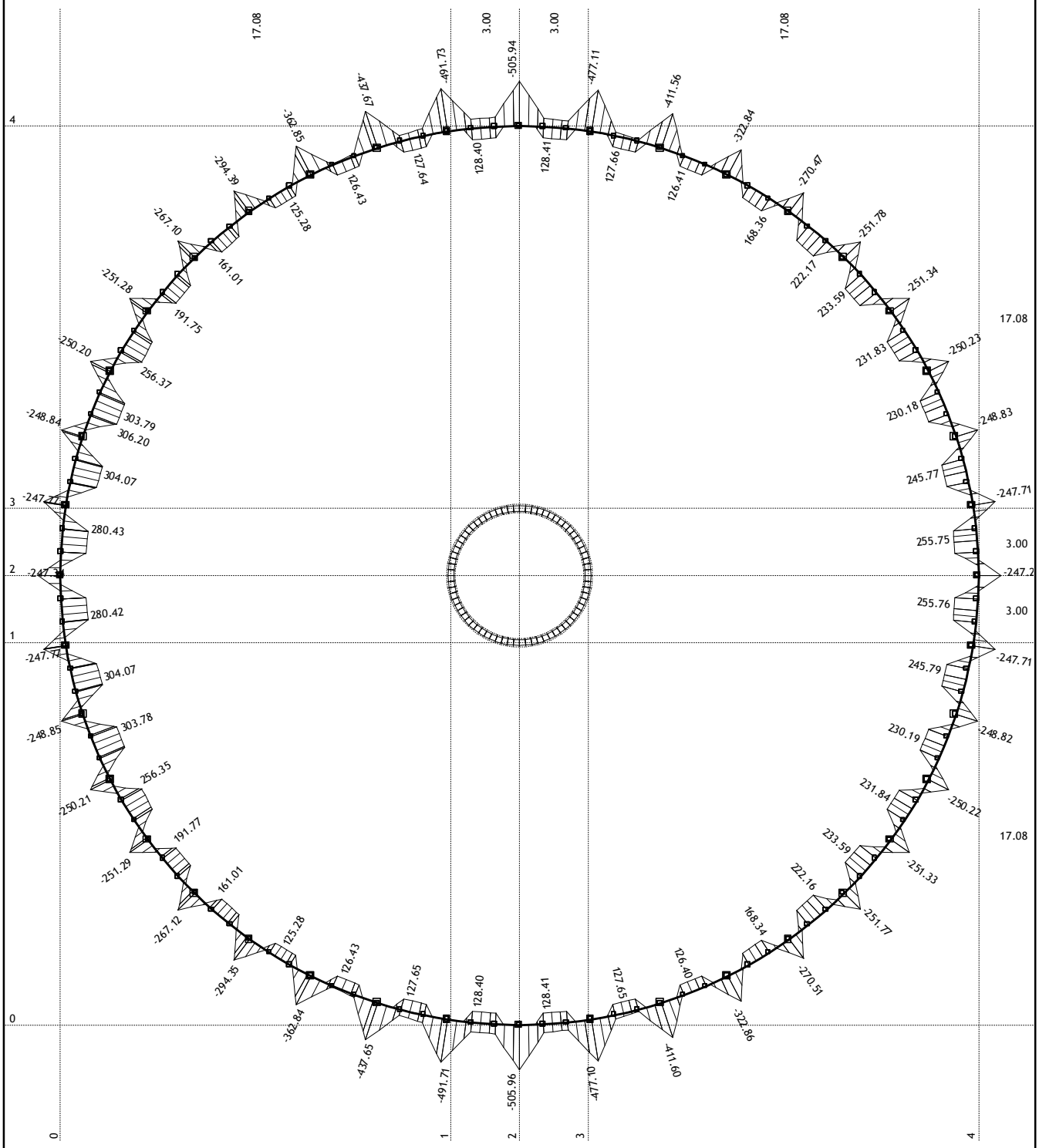
Nivo: Pitisnuti prsten [113.00 m]
Uticaji u gredi: max T3= 760.10 / min T3= -760.10 kN

Opt. 30: [1] 11-29



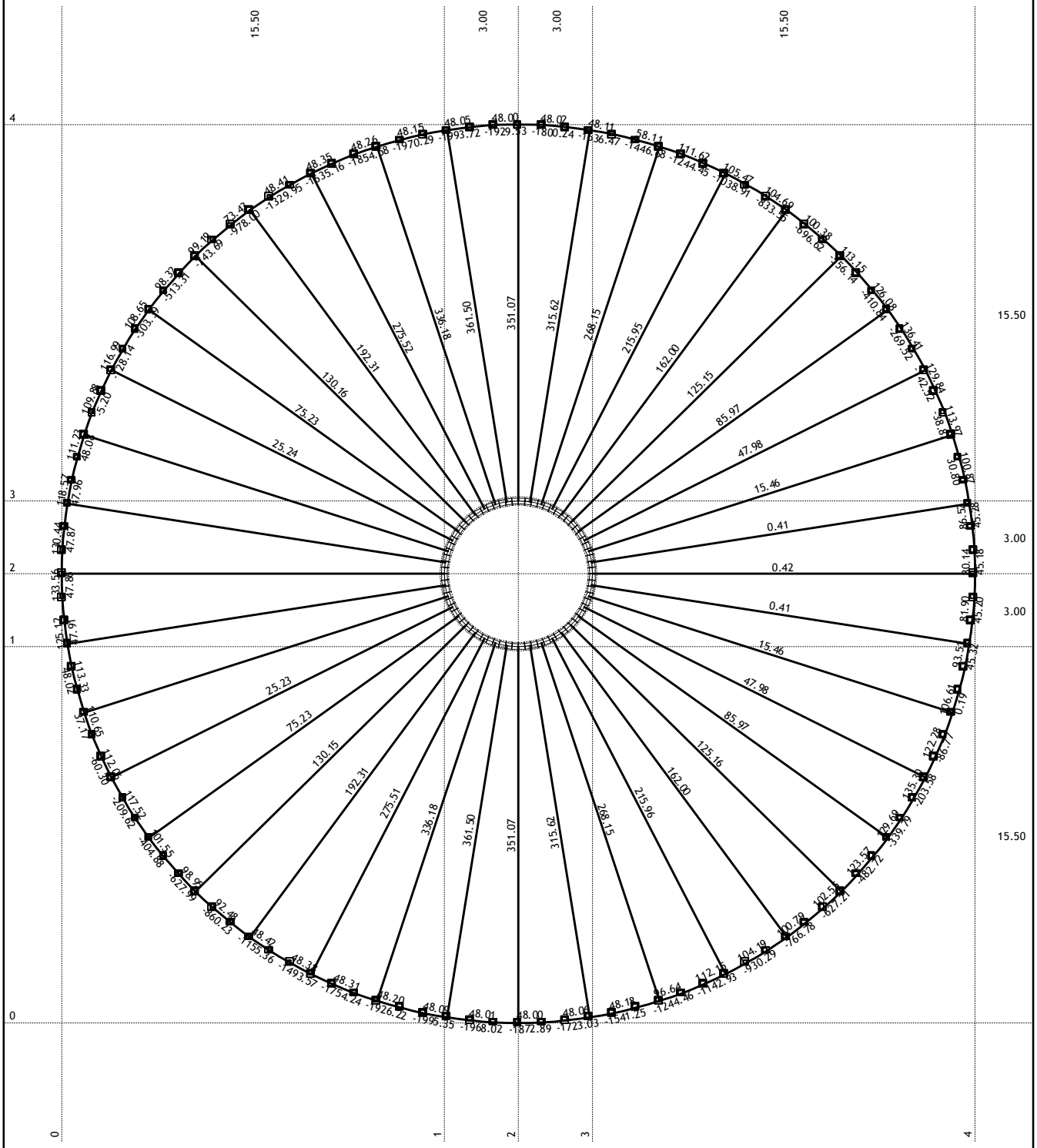
Nivo: Pitisnuti prsten [113.00 m]
Uticaji u gredi: max M2= 466.19 / min M2= -612.95 kNm

Opt. 30: [1] 11-29



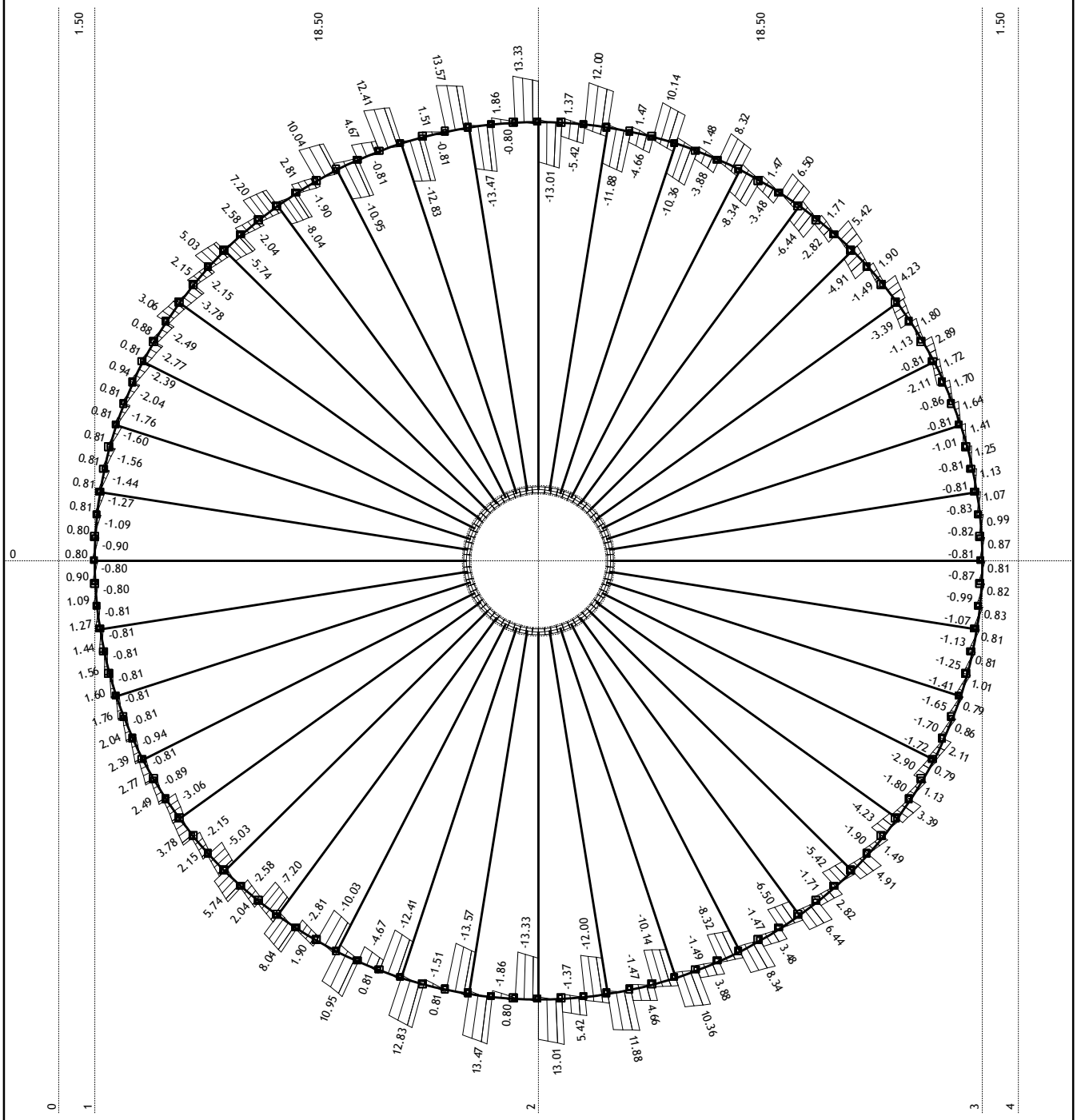
Nivo: Pitisnuti prsten [113.00 m]
Uticaji u gredi: max M3= 306.20 / min M3= -505.96 kNm

Opt. 30: [1] 11-29



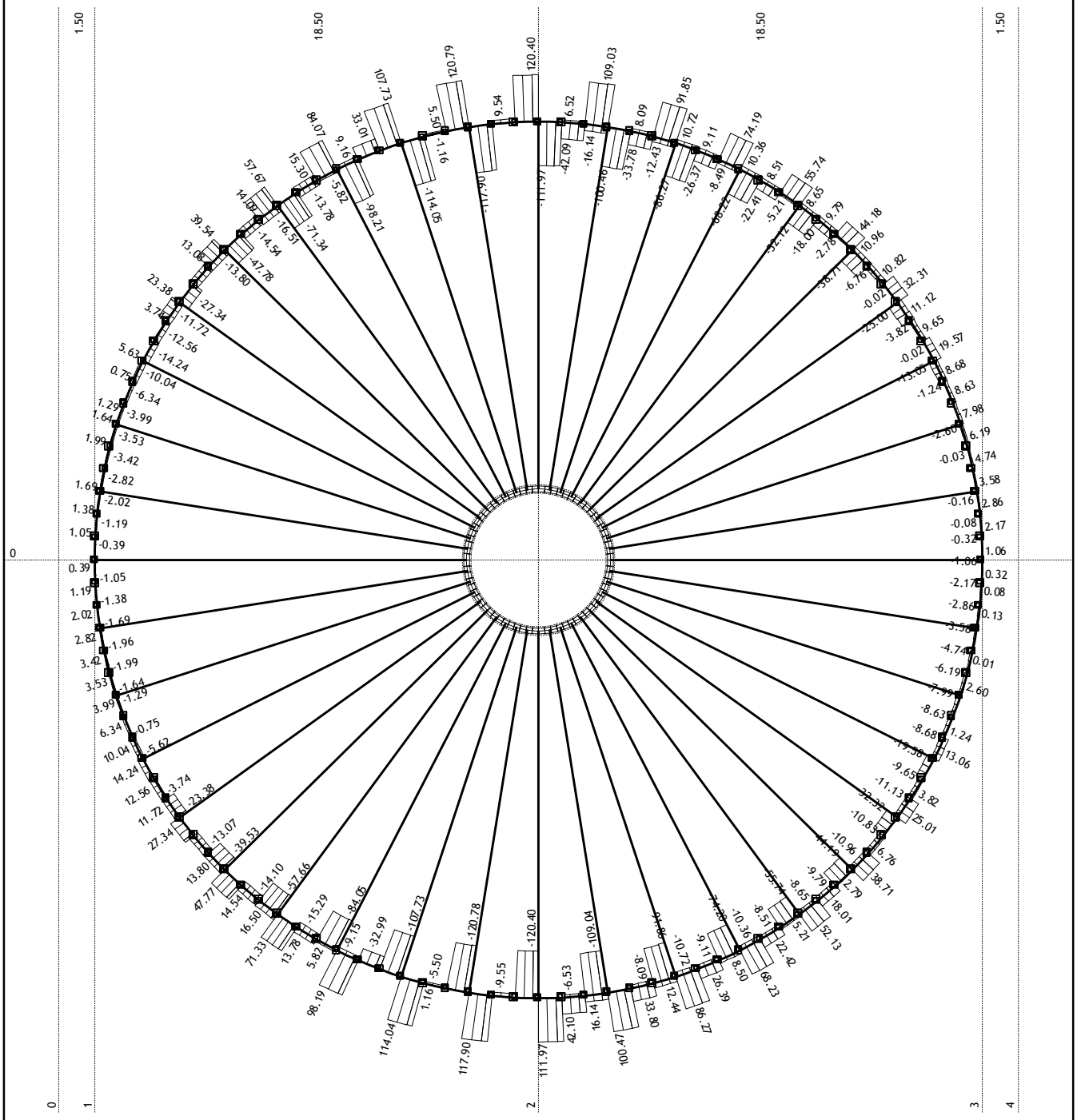
Nivo: Sredisnji vezni prsten [73.61 m]
Uticaji u gredi: max N1= 361.50 / min N1= -1995.36 kN

Opt. 30: [1] 11-29



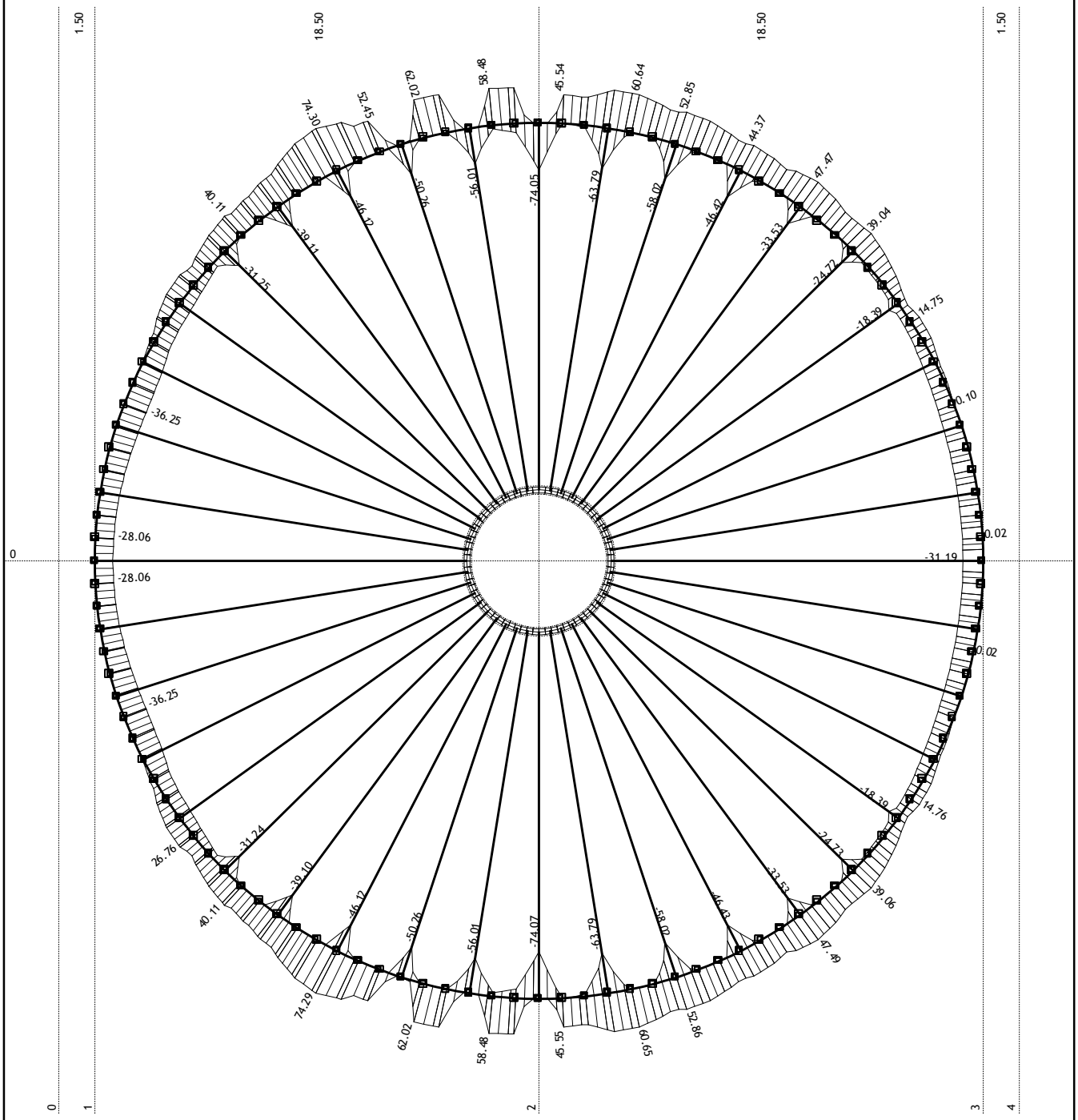
Nivo: Sredisnji vezni prsten [73.61 m]
Uticaji u gredi: max T2= 13.57 / min T2= -13.57 kN

Opt. 30: [1] 11-29



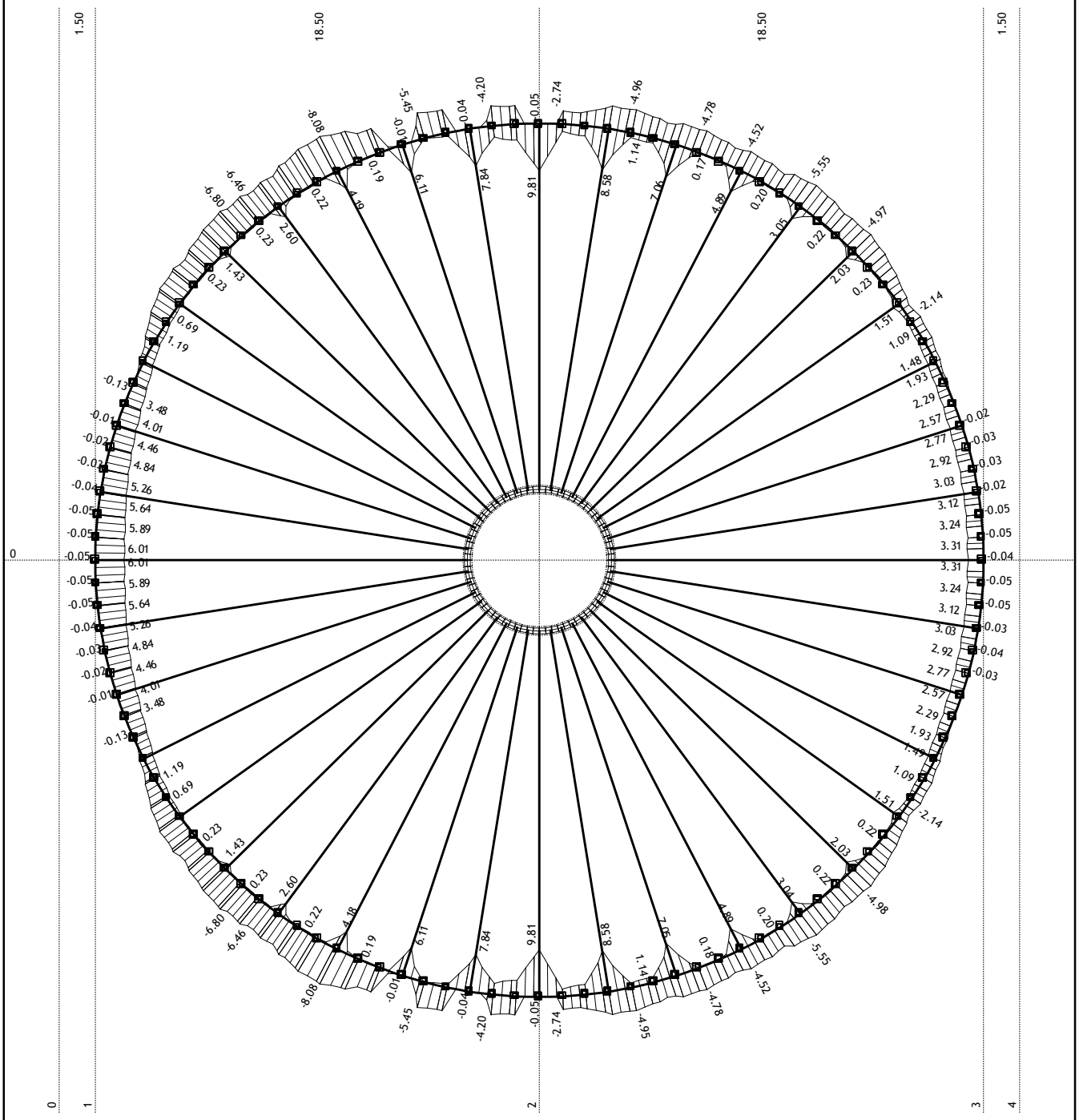
Nivo: Sredisnji vezni prsten [73.61 m]
Uticaji u gredi: max T3= 120.79 / min T3= -120.78 kN

Opt. 30: [1] 11-29



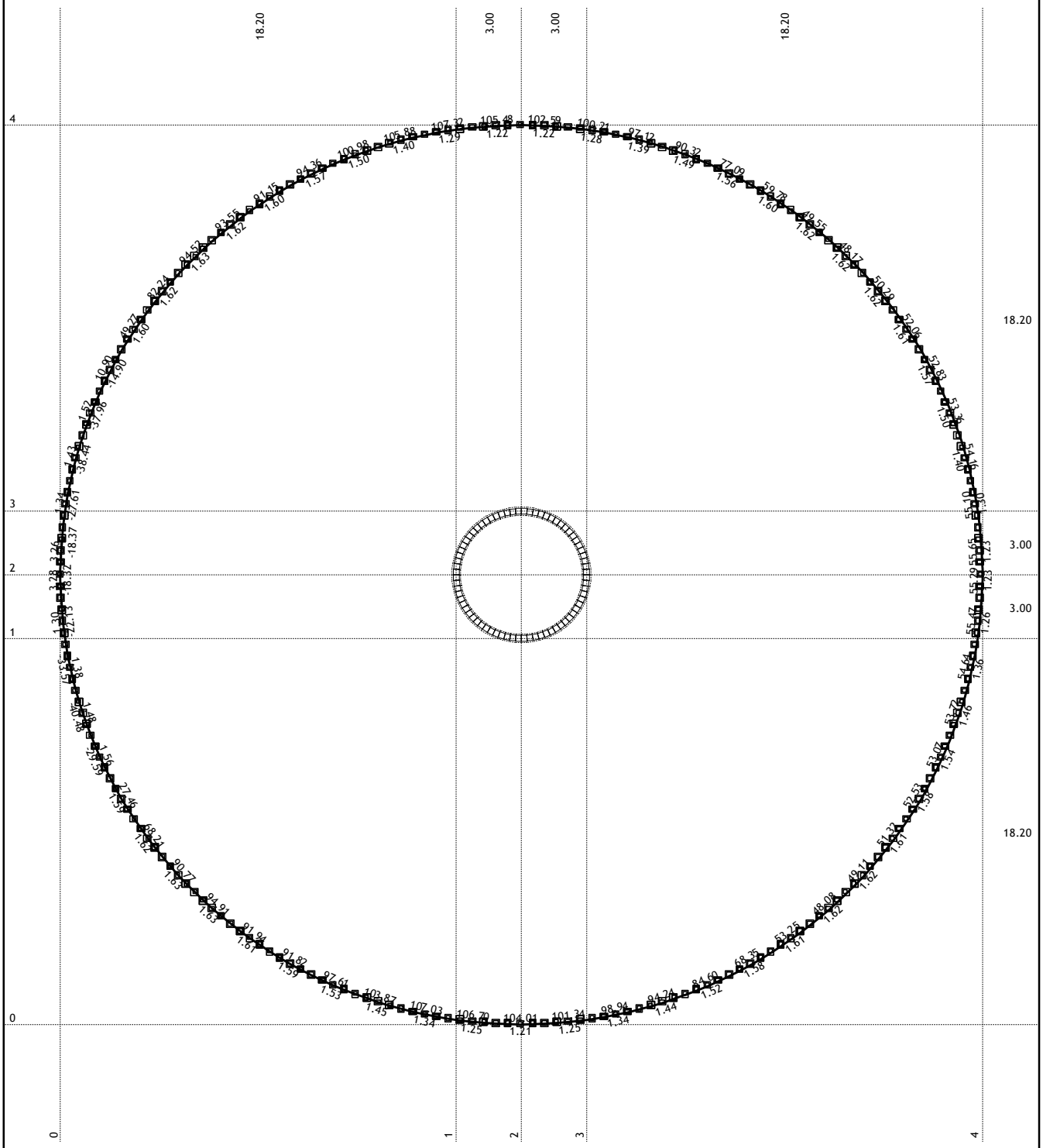
Nivo: Sredisnji vezni prsten [73.61 m]
Uticaji u gredi: max M2= 74.30 / min M2= -74.07 kNm

Opt. 30: [1] 11-29



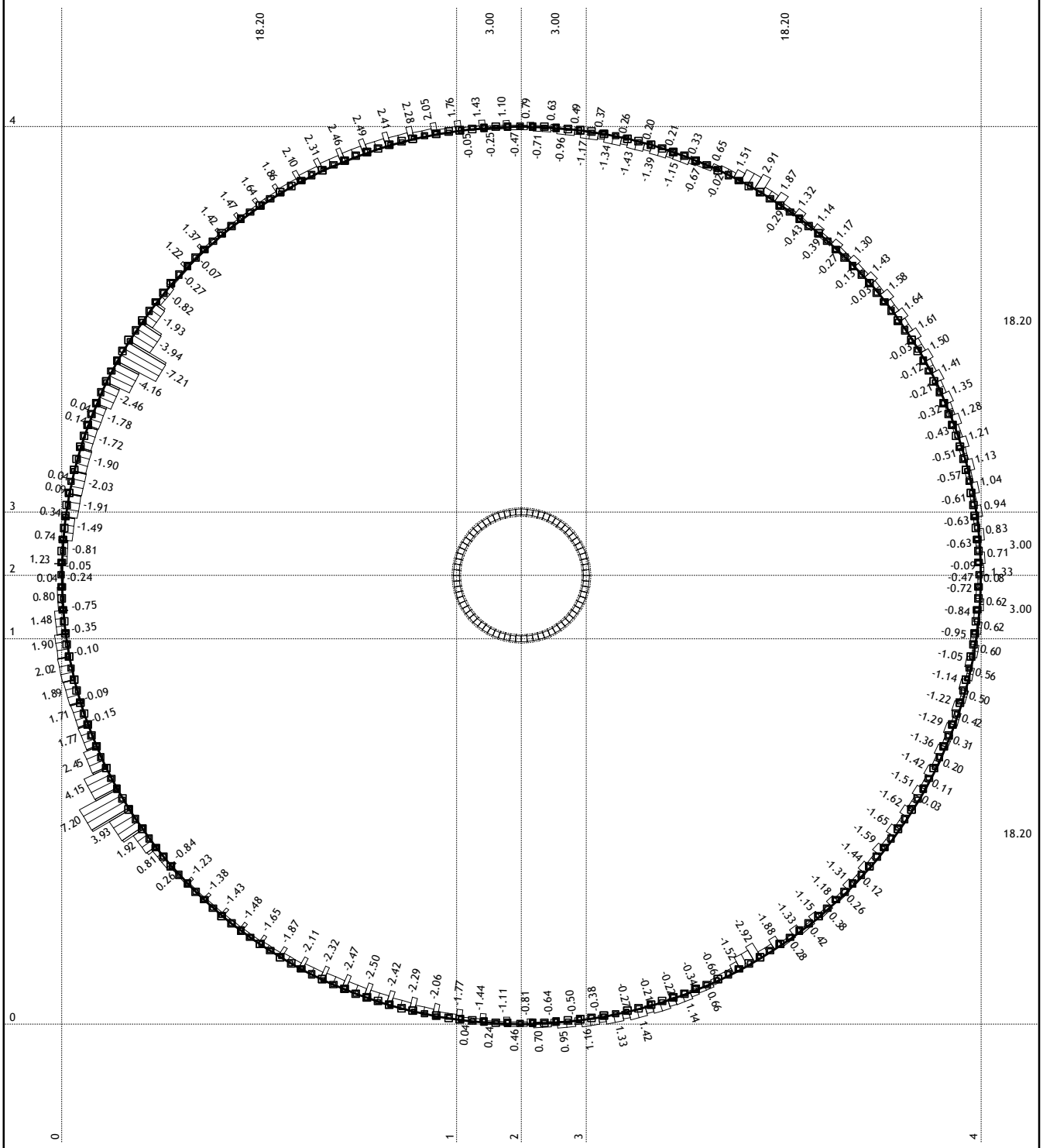
Nivo: Sredisnji vezni prsten [73.61 m]
Uticaji u gredi: max M3= 9.81 / min M3= -8.08 kNm

Opt. 30: [1] 11-29



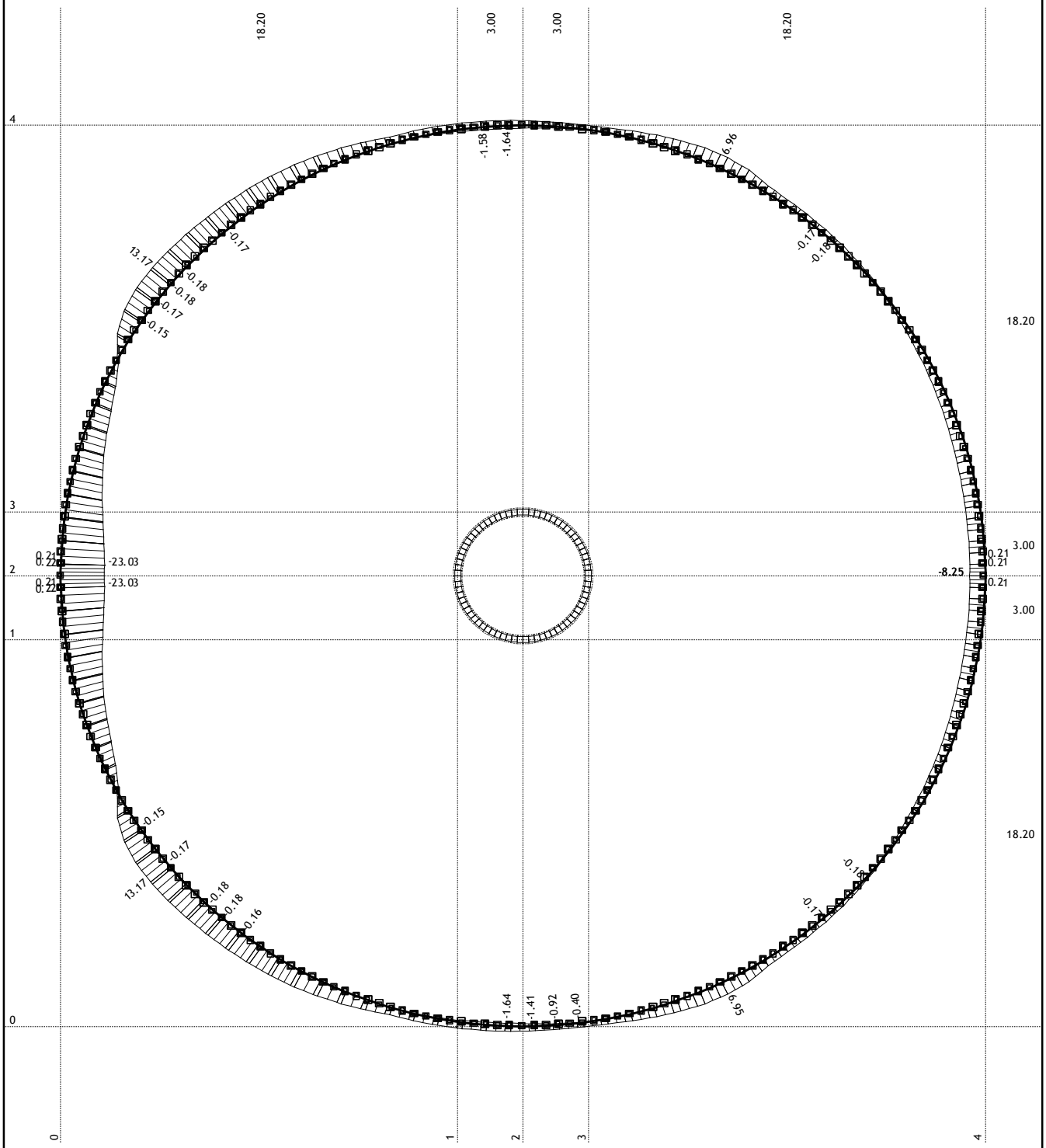
Nivo: Vezna greda [56.91 m]
Uticaji u gredi: max N1= 107.32 / min N1= -40.48 kN

Opt. 30: [1] 11-29

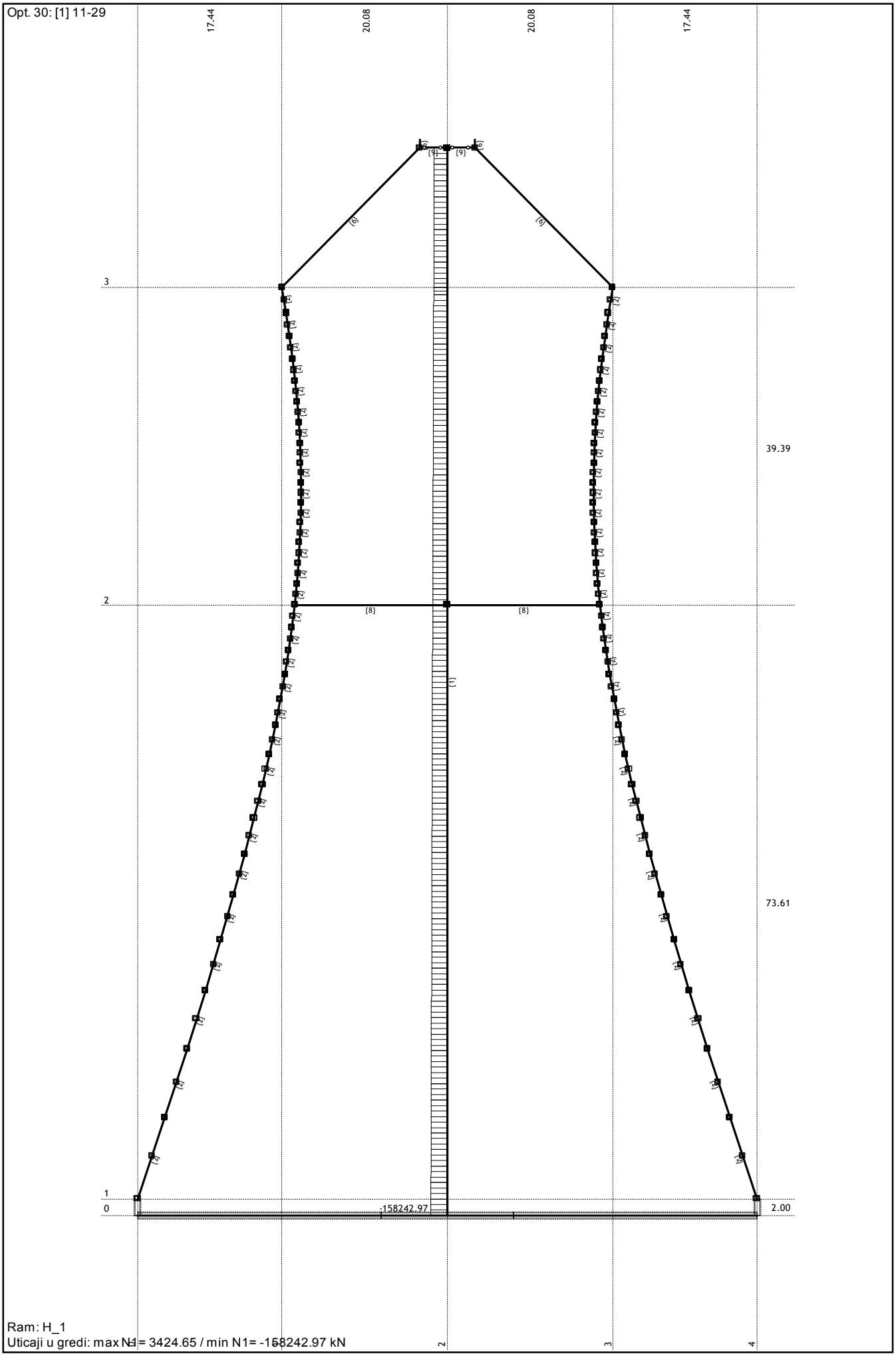


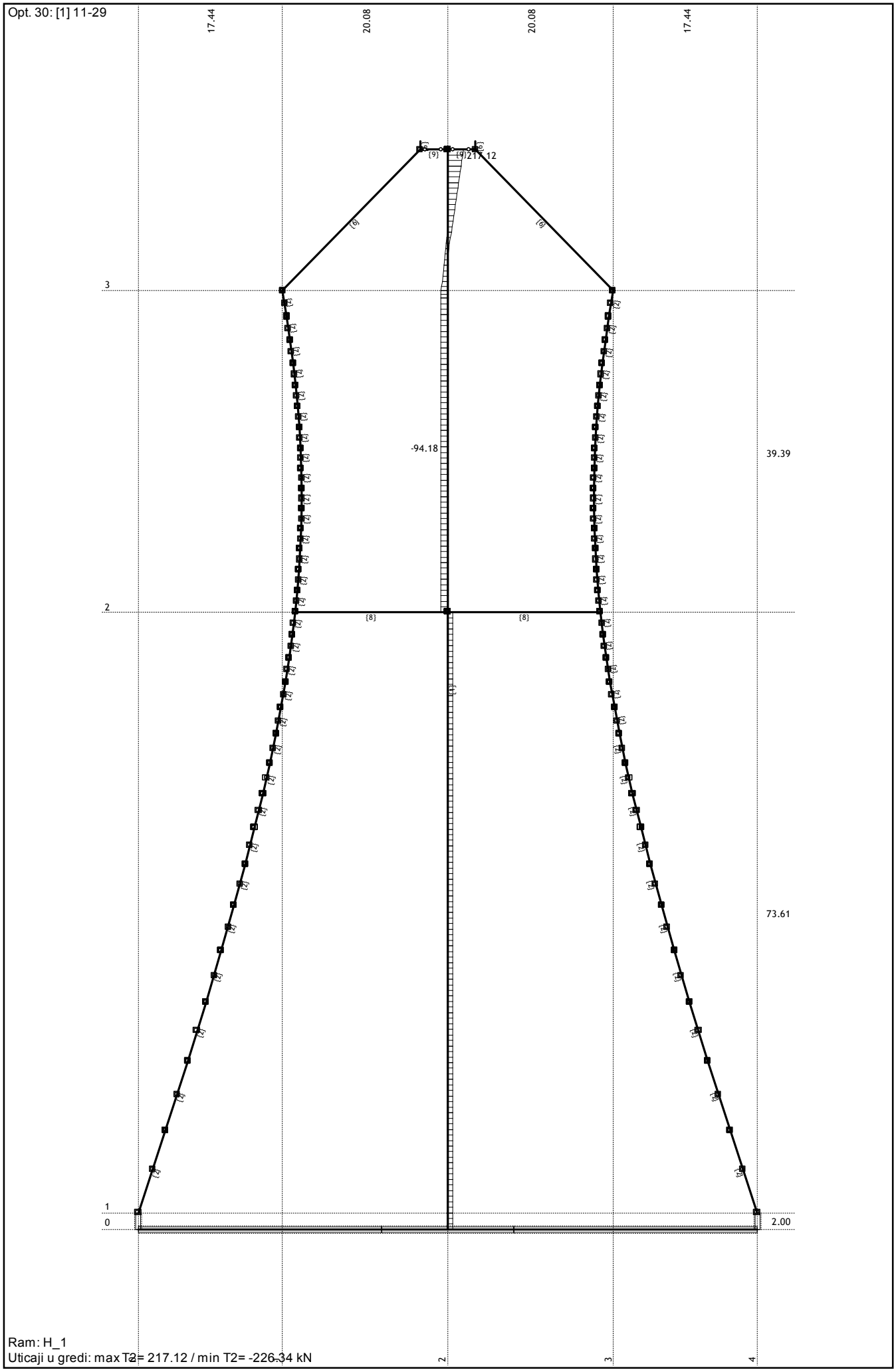
Nivo: Vezna greda [56.91 m]
Uticaji u gredi: max T3= 7.20 / min T3= -7.21 kN

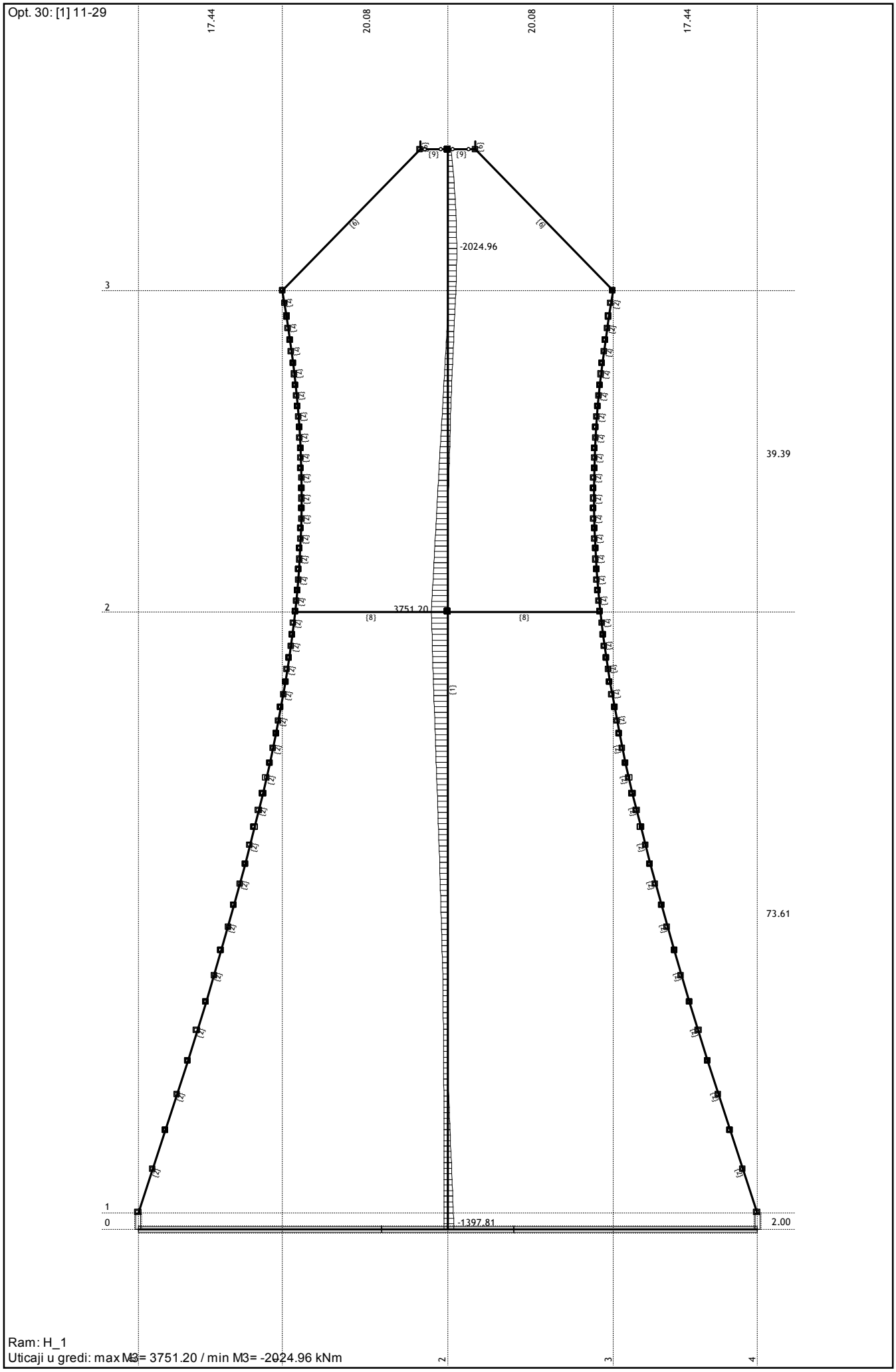
Opt. 30: [1] 11-29



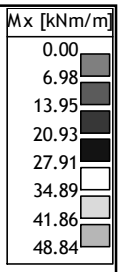
Nivo: Vezna greda [56.91 m]
Uticaji u gredi: max M2= 13.17 / min M2= -23.03 kNm

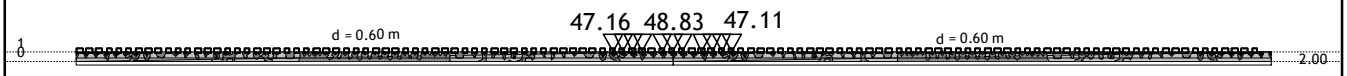

Opt. 30: [1] 11-29
17.44
20.08
20.08
17.44
39.39
73.61
2.00
-158242.97
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max N1= 3424.65 / min N1= -158242.97 kN


Opt. 30: [1] 11-29
17.44
20.08
20.08
17.44
217.12
-94.18
39.39
73.61
2.00
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max T2= 217.12 / min T2= -226.34 kN


Opt. 30: [1] 11-29
17.44
20.08
20.08
17.44
-2024.96
3751.20
-1397.81
39.39
73.61
2.00
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max M3= 3751.20 / min M3= -2024.96 kNm

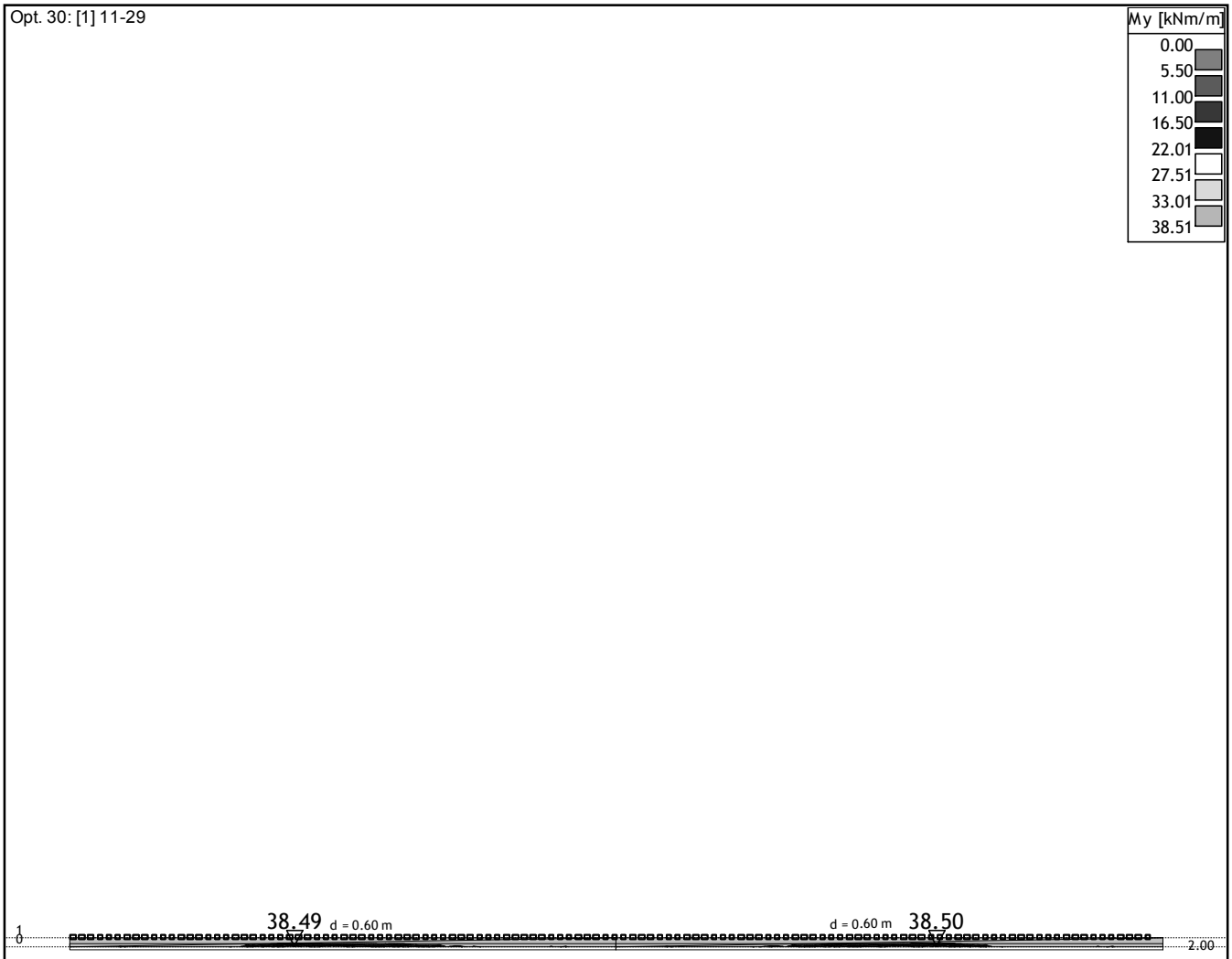
Opt. 30: [1] 11-29





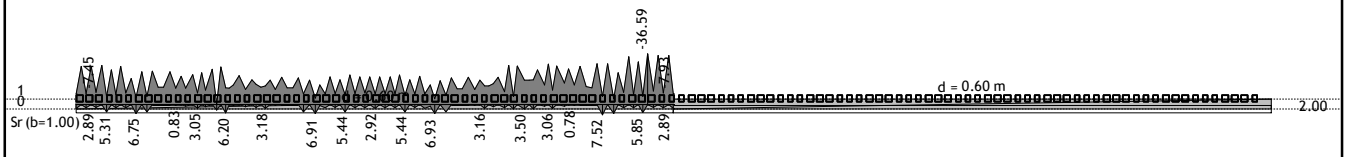
Ram: C_28
Uticaji u ploci: max Mx= 48.83 / min Mx= 0.00 kNm/m
Uticaji u zidu bazena

Opt. 30: [1] 11-29



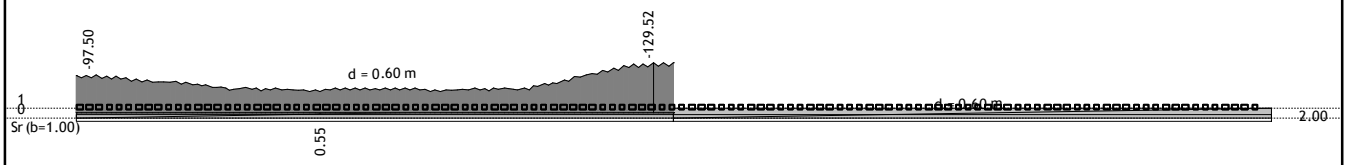
Ram: C_28
Uticaji u ploci: max My= 38.50 / min My= 0.00 kNm/m
Uticaji u zidu bazena

Opt. 30: [1] 11-29



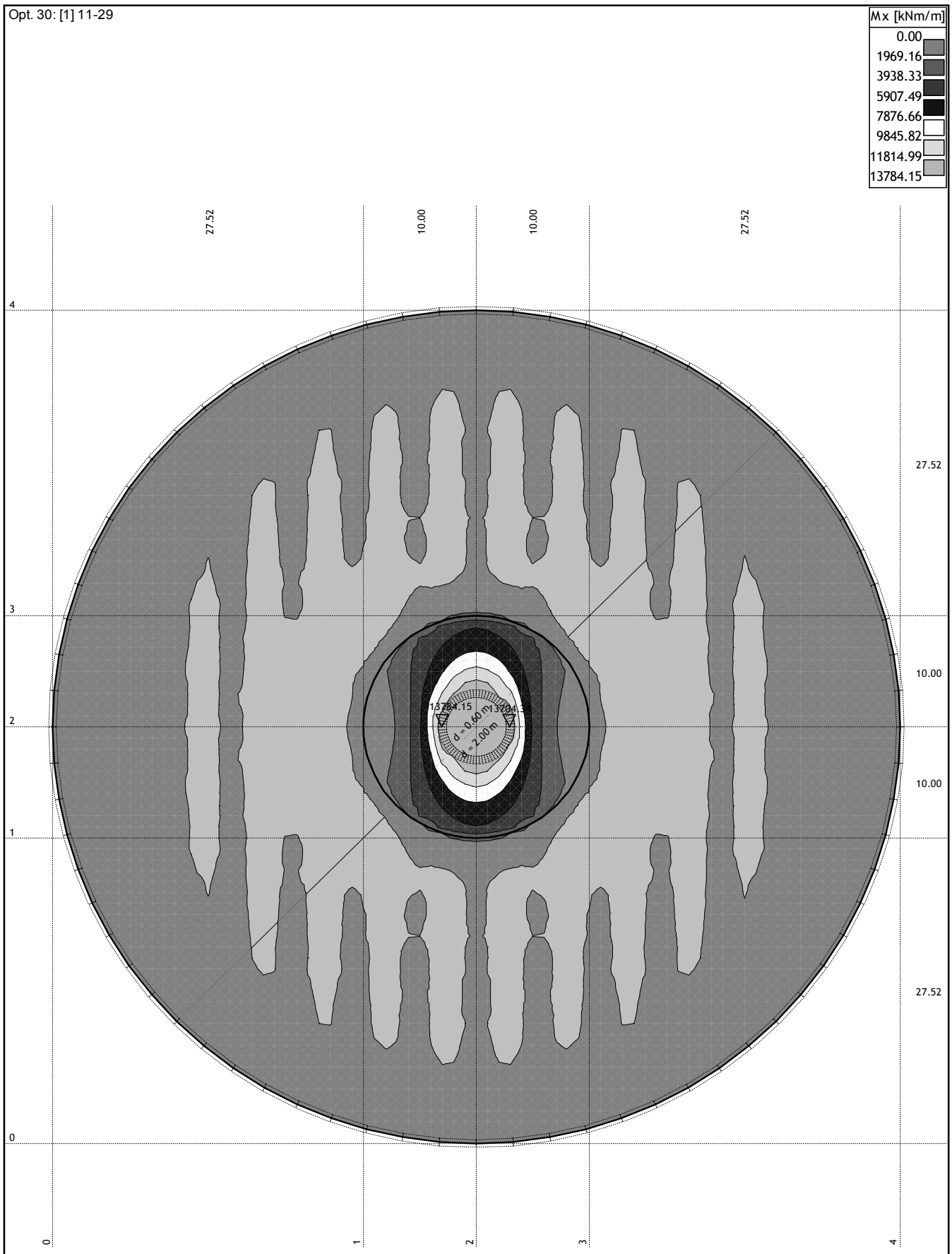
Ram: C_28
Vektorski preseci: Ms
Uticaji u zidu bazena

Opt. 30: [1] 11-29



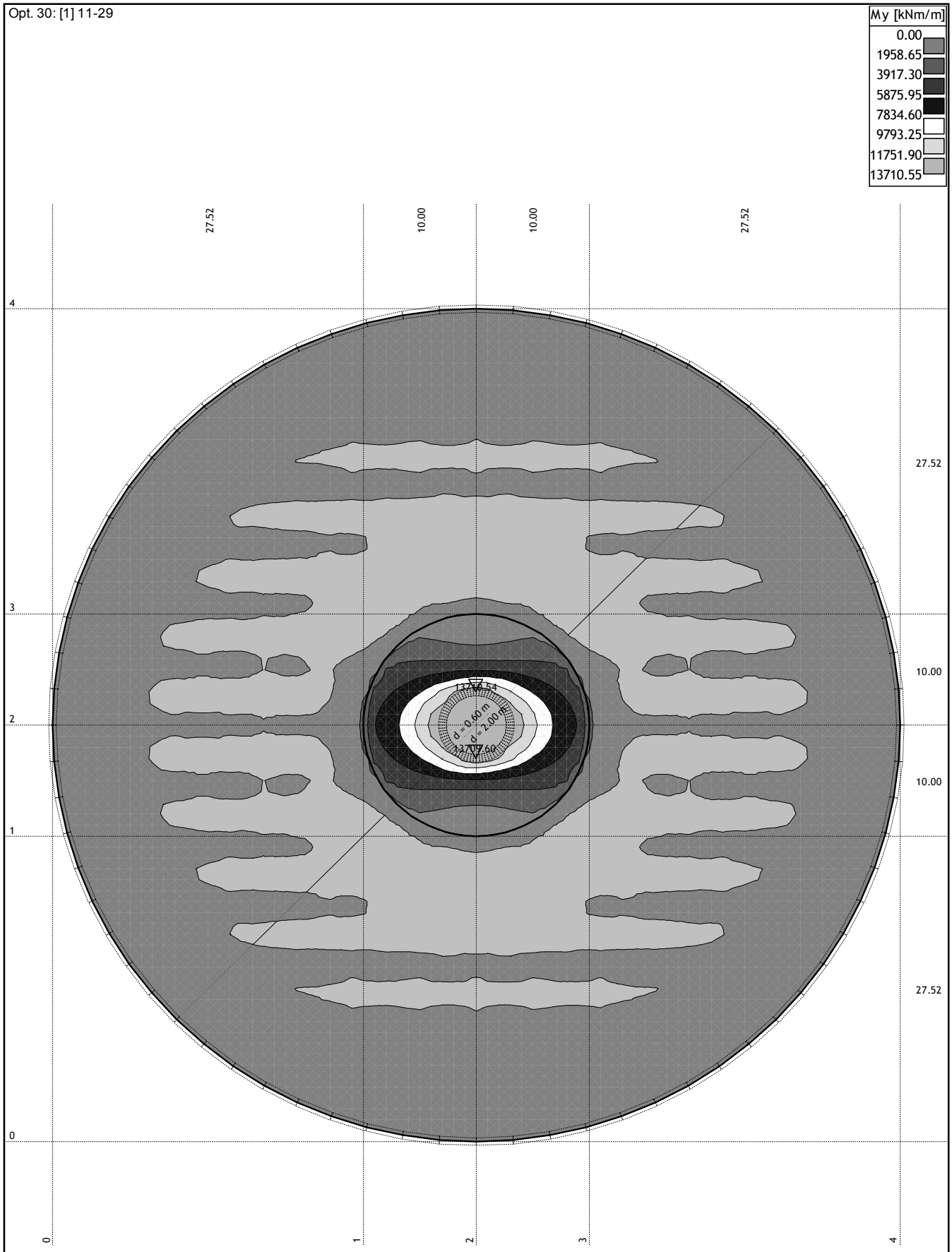
Ram: C_28
Vektorski preseci: Ms
Uticaji u zidu bazena

Opt. 30: [1] 11-29



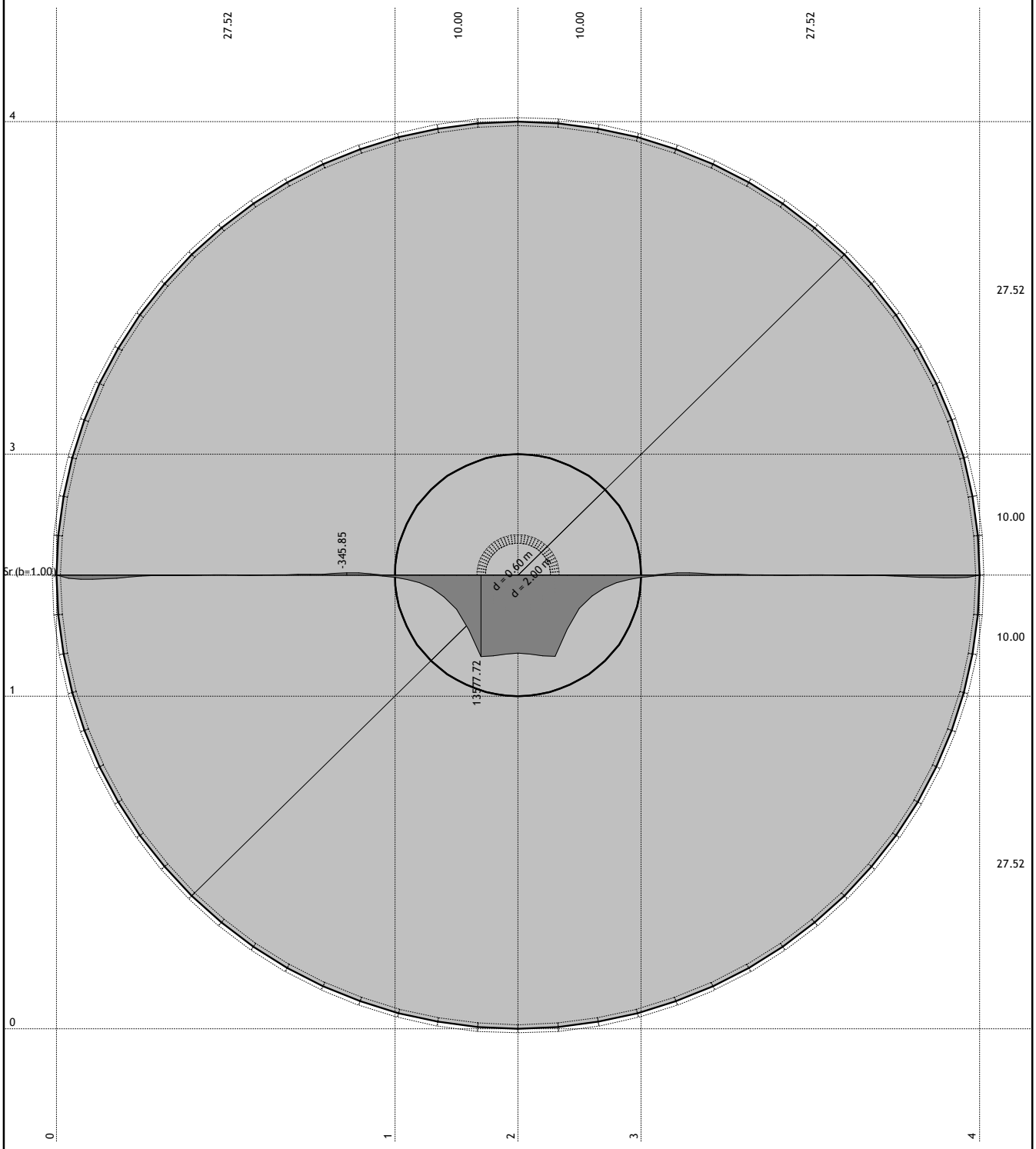
Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Uticaji u ploci: max Mx= 13784.15 / min Mx= 0.00 kNm/m

Opt. 30: [1] 11-29



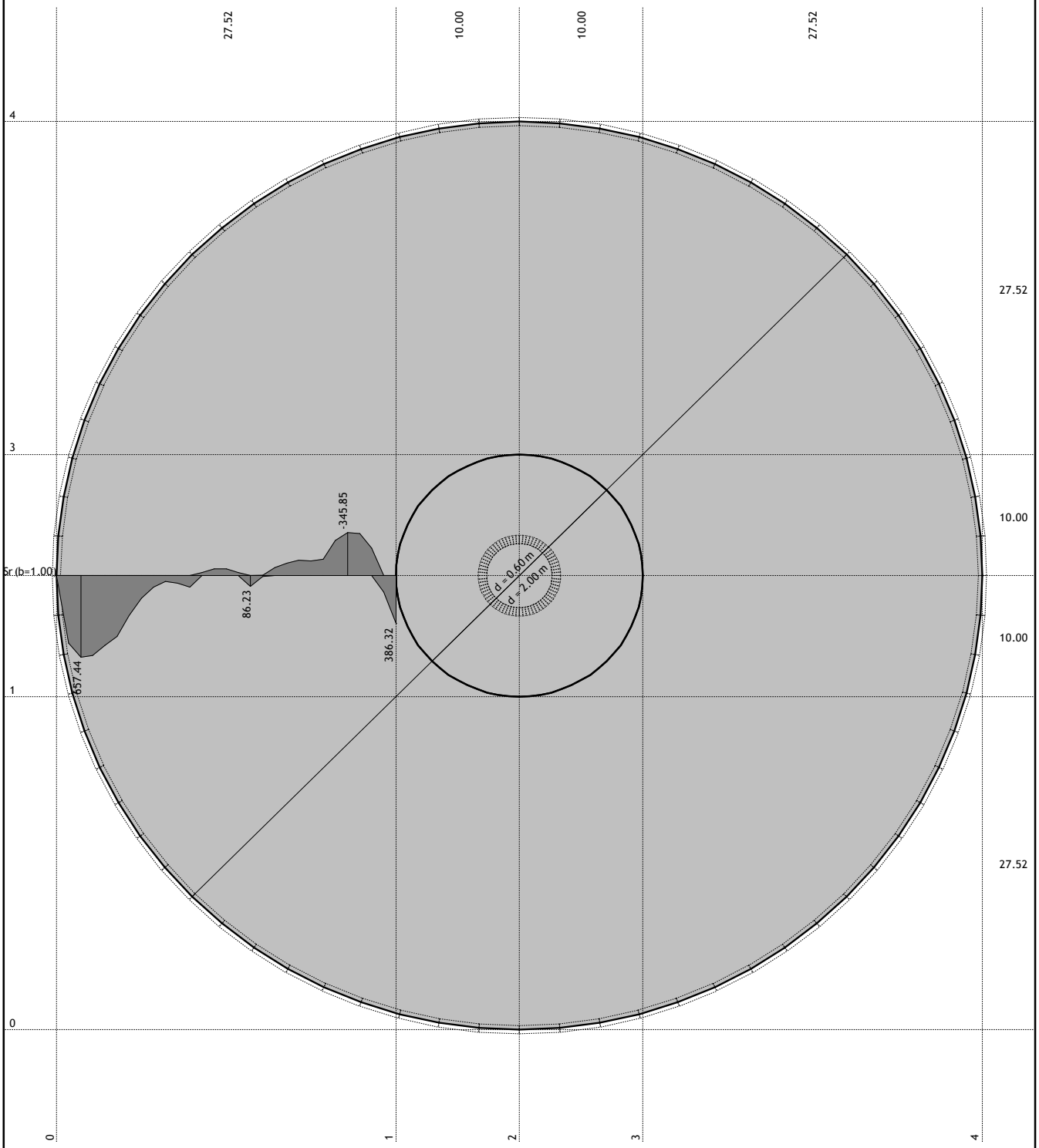
Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Uticaji u ploci: max My= 13710.54 / min My= 0.00 kNm/m

Opt. 30: [1] 11-29



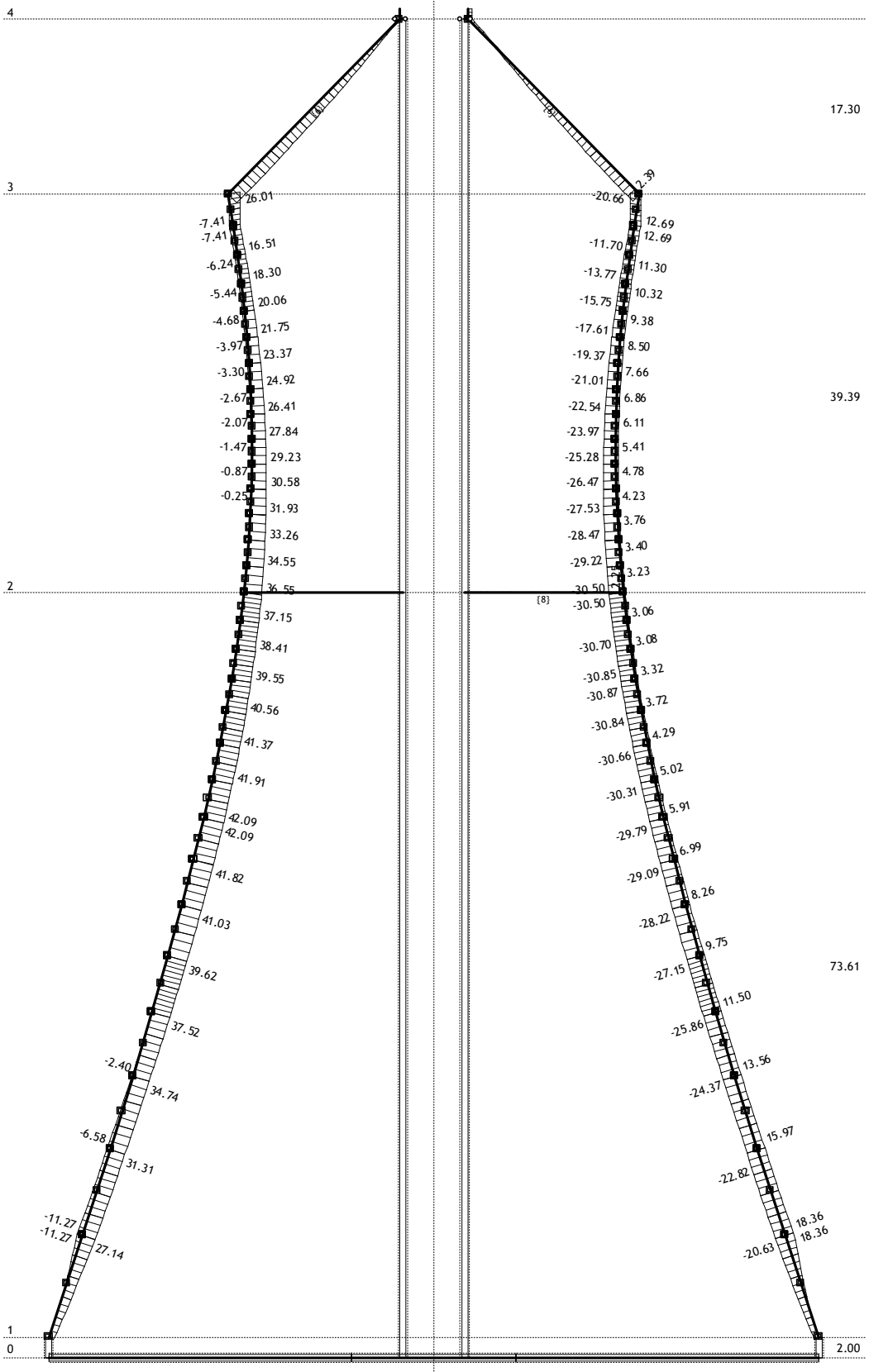
Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Vektorski preseci: Ms

Opt. 30: [1] 11-29



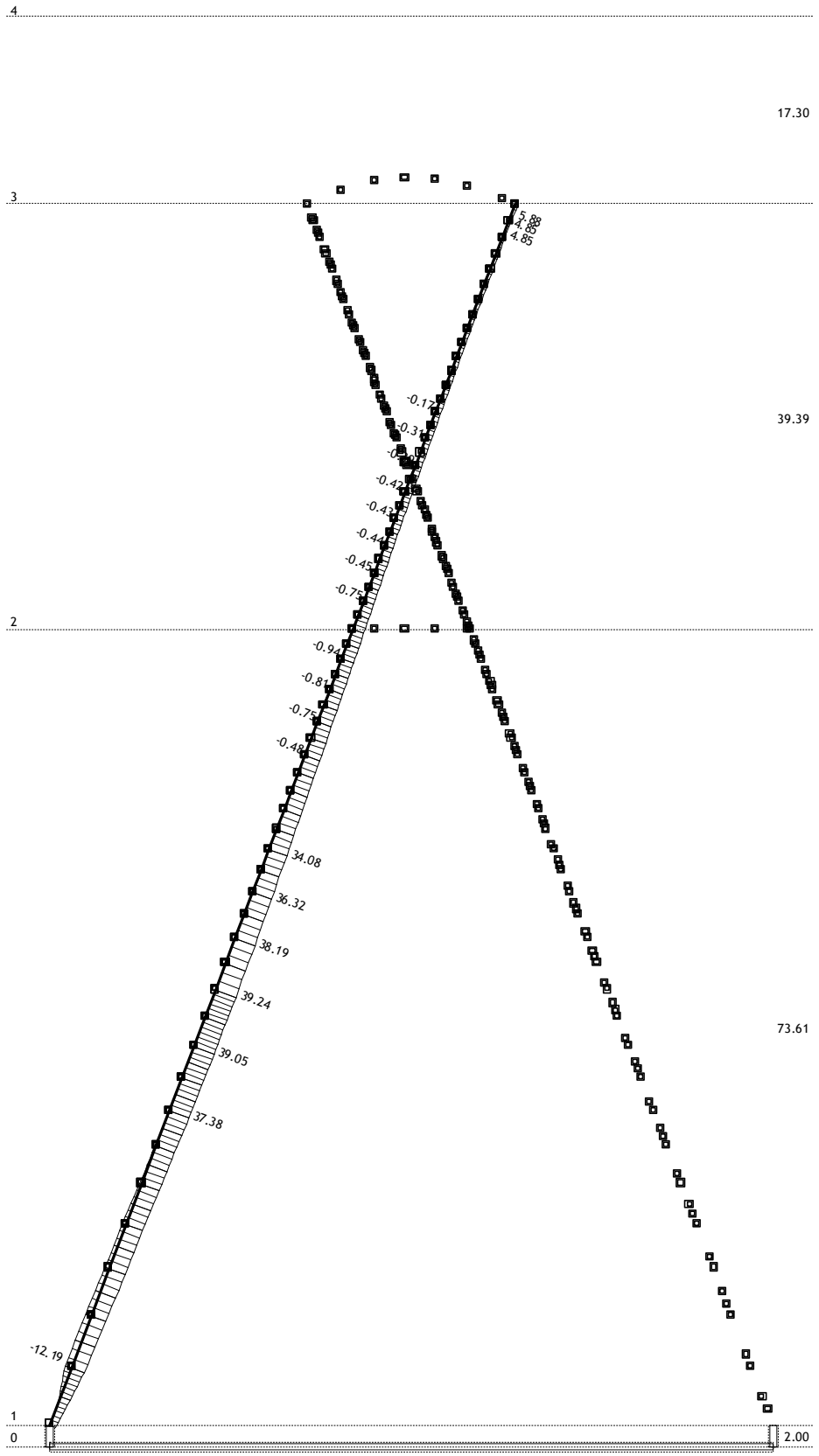
Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Vektorski preseci: Ms

Opt. 27: [2] 12-21



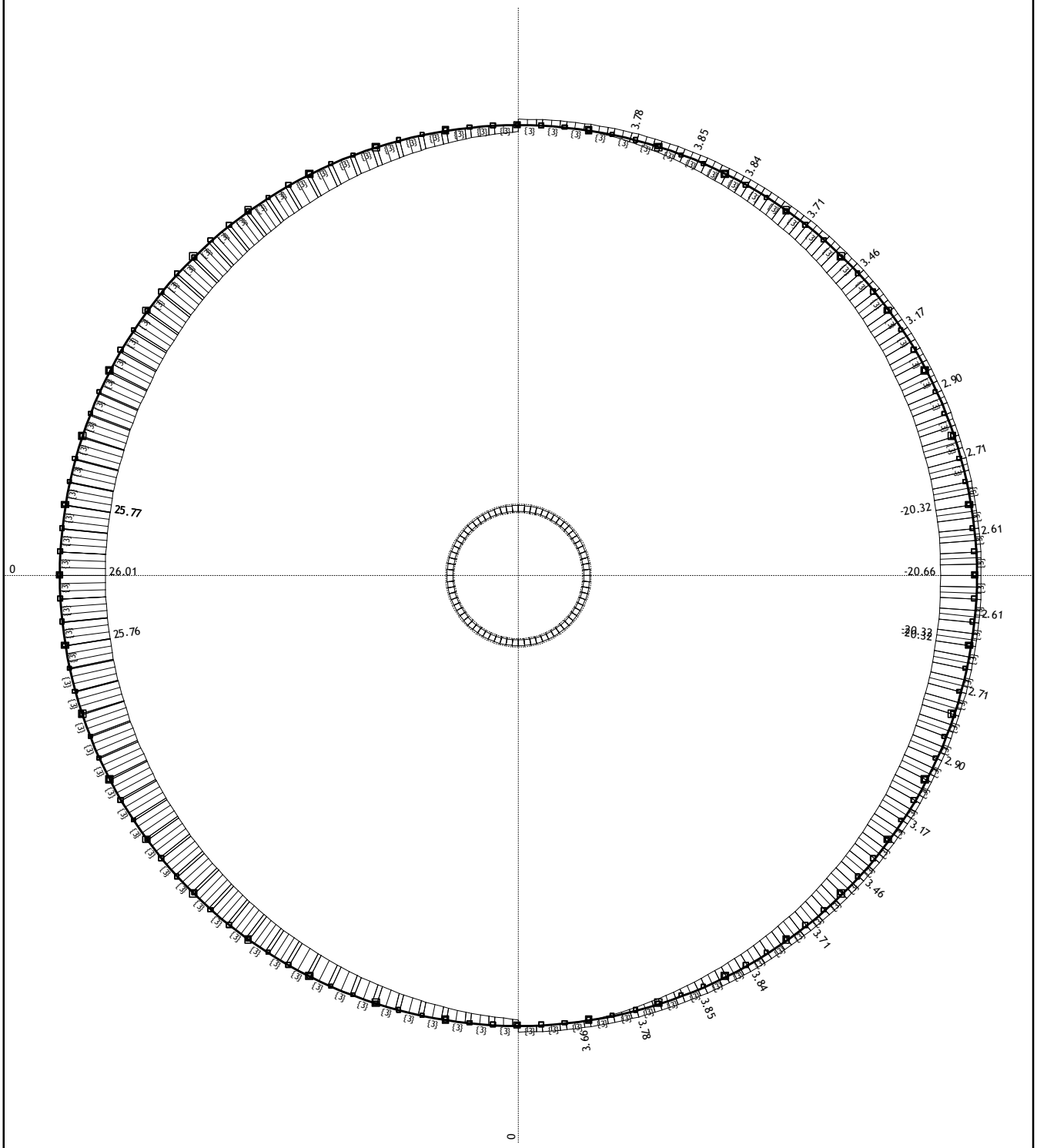
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max Xp= 42.09 / min Xp= -30.87 m / 1000

Opt. 27: [2] 12-21



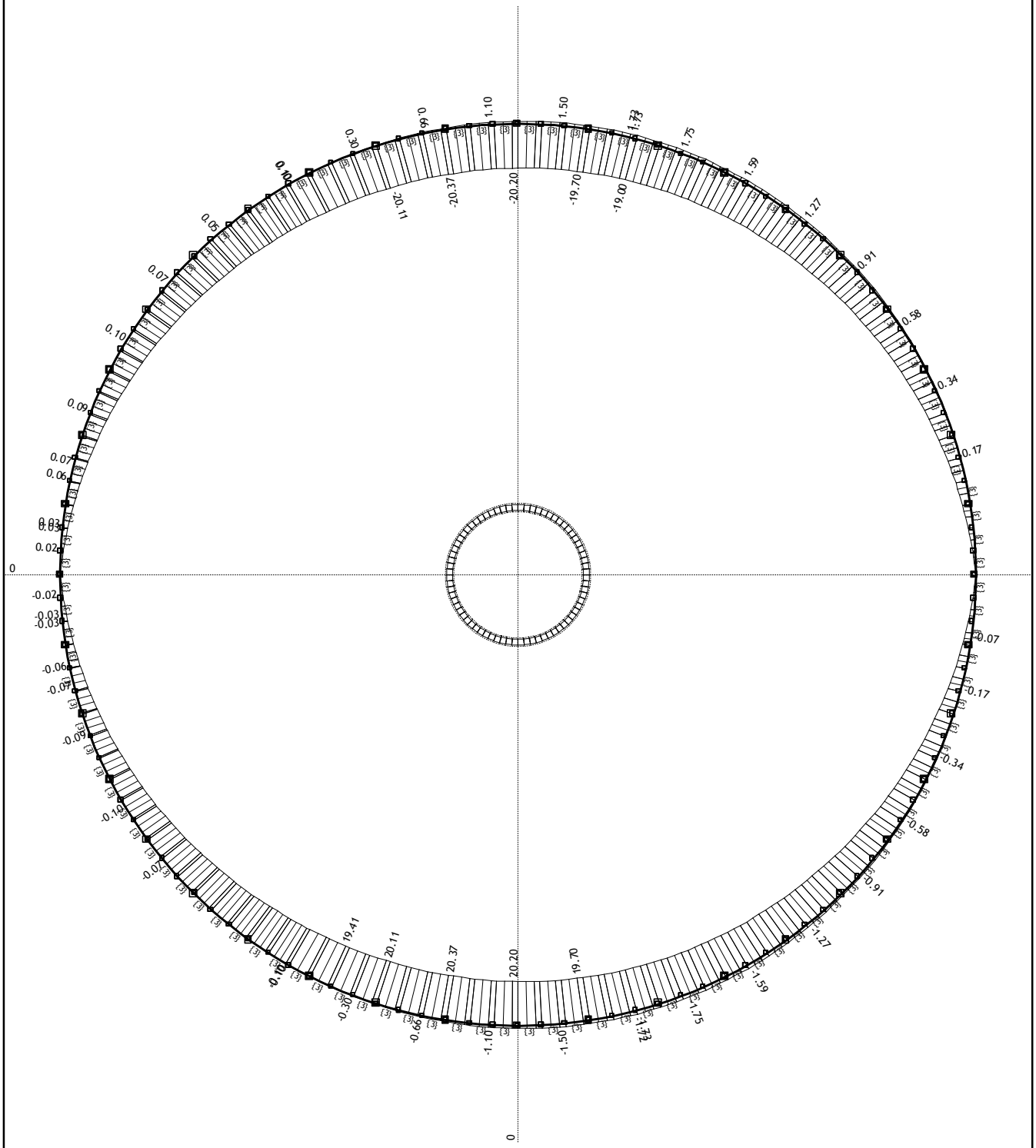
Ram: K_50
Uticaji u gredi: max Xp= 39.24 / min Xp= -12.19 m / 1000

Opt. 27: [2] 12-21



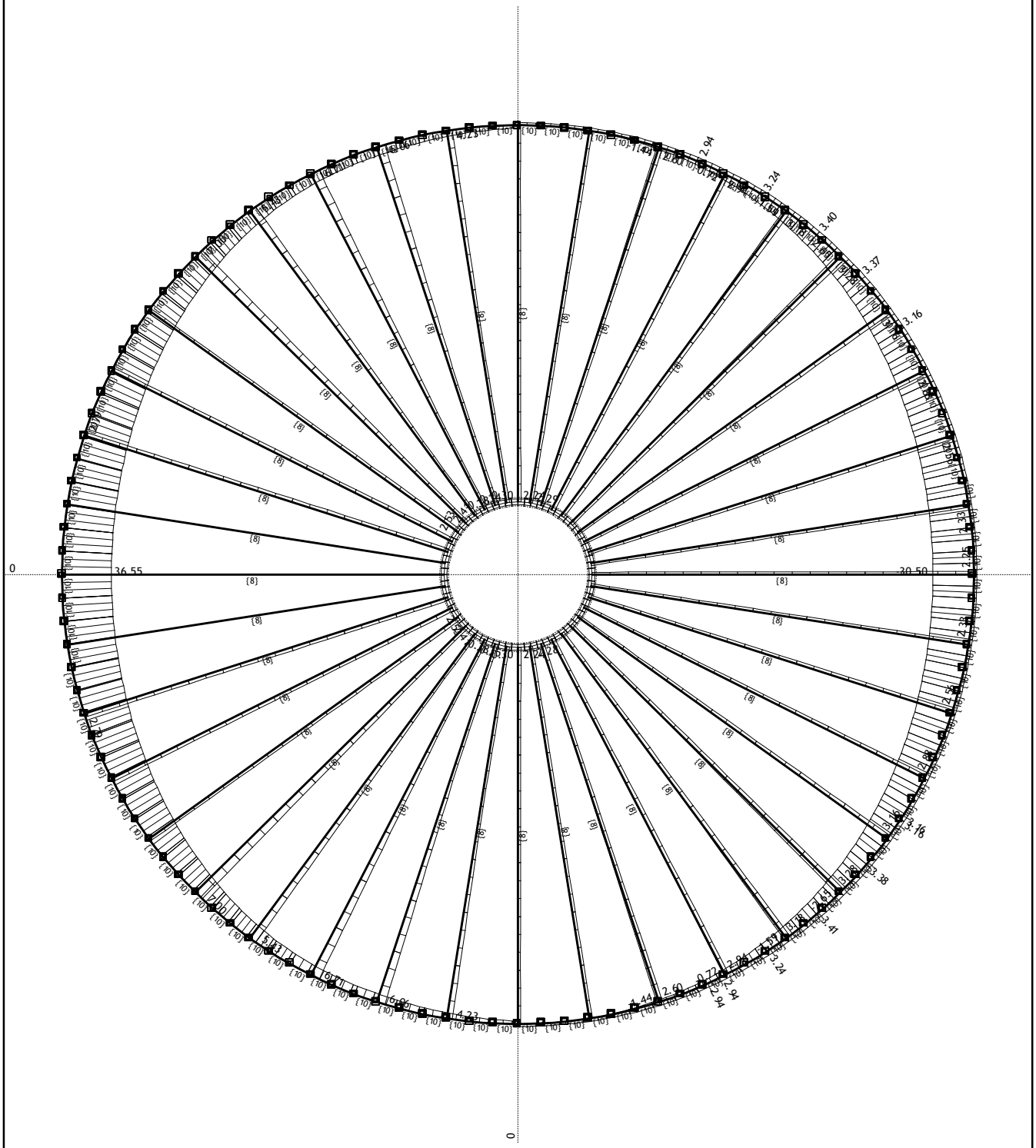
Nivo: Pitisnuti prsten [113.00 m]
Uticaji u gredi: max Xp= 26.01 / min Xp= -20.66 m / 1000

Opt. 27: [2] 12-21



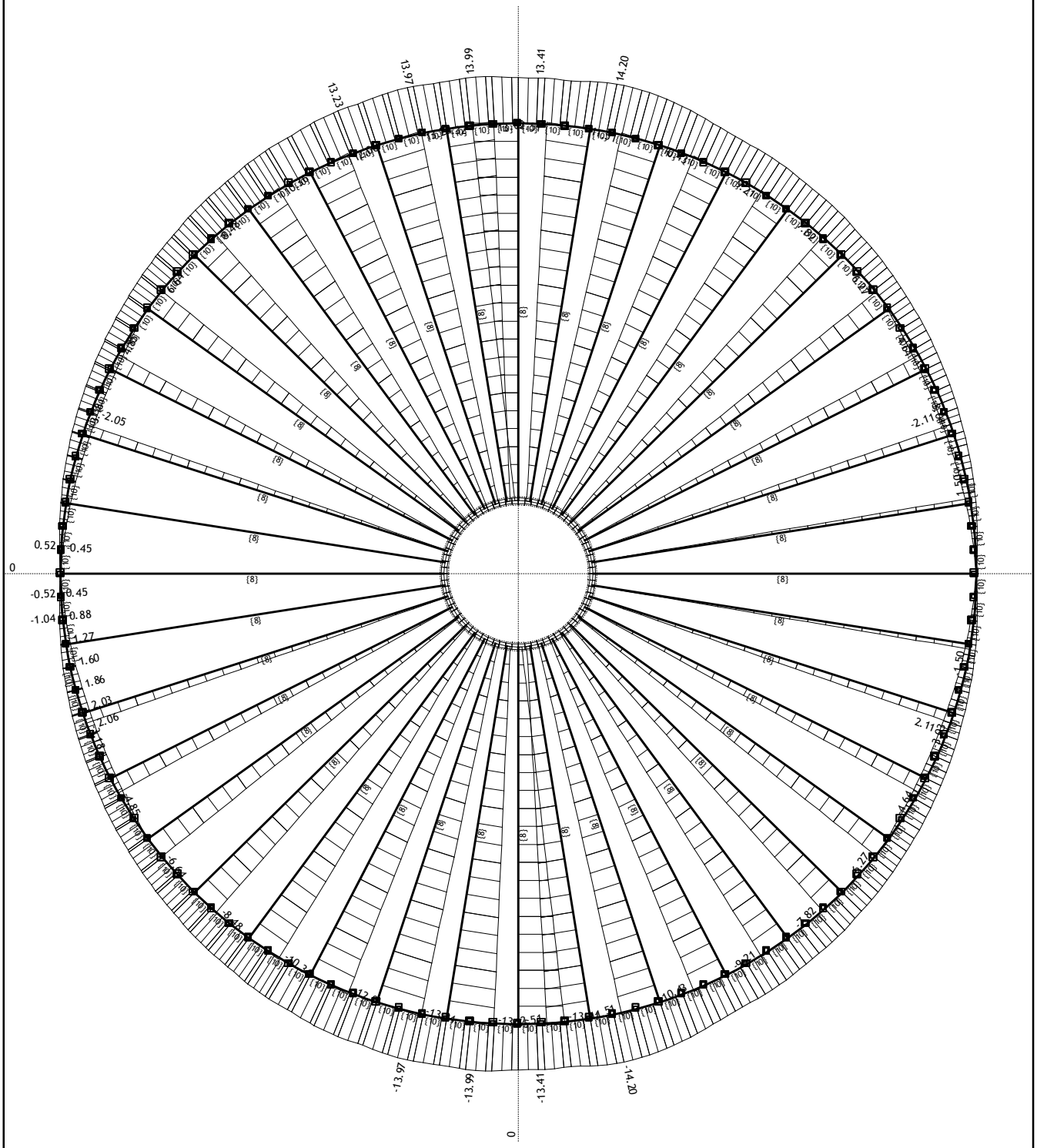
Nivo: Pitisnuti prsten [113.00 m]
Uticaji u gredi: max Yp= 20.37 / min Yp= -20.37 m / 1000

Opt. 27: [2] 12-21



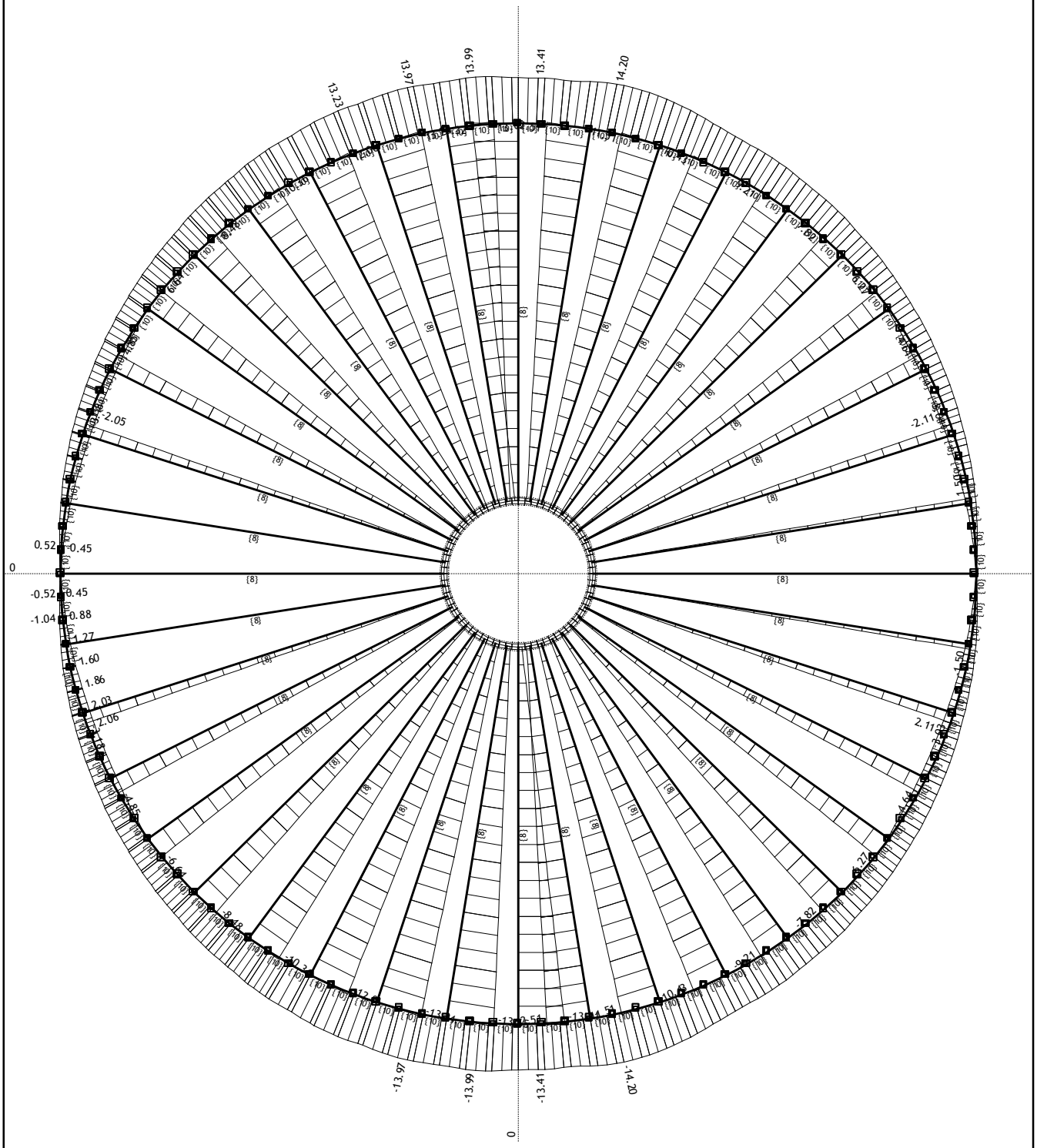
Nivo: Središnji vezni prsten [73.61 m]
Uticaji u gredi: max Xp= 36.55 / min Xp= -30.50 m / 1000

Opt. 27: [2] 12-21



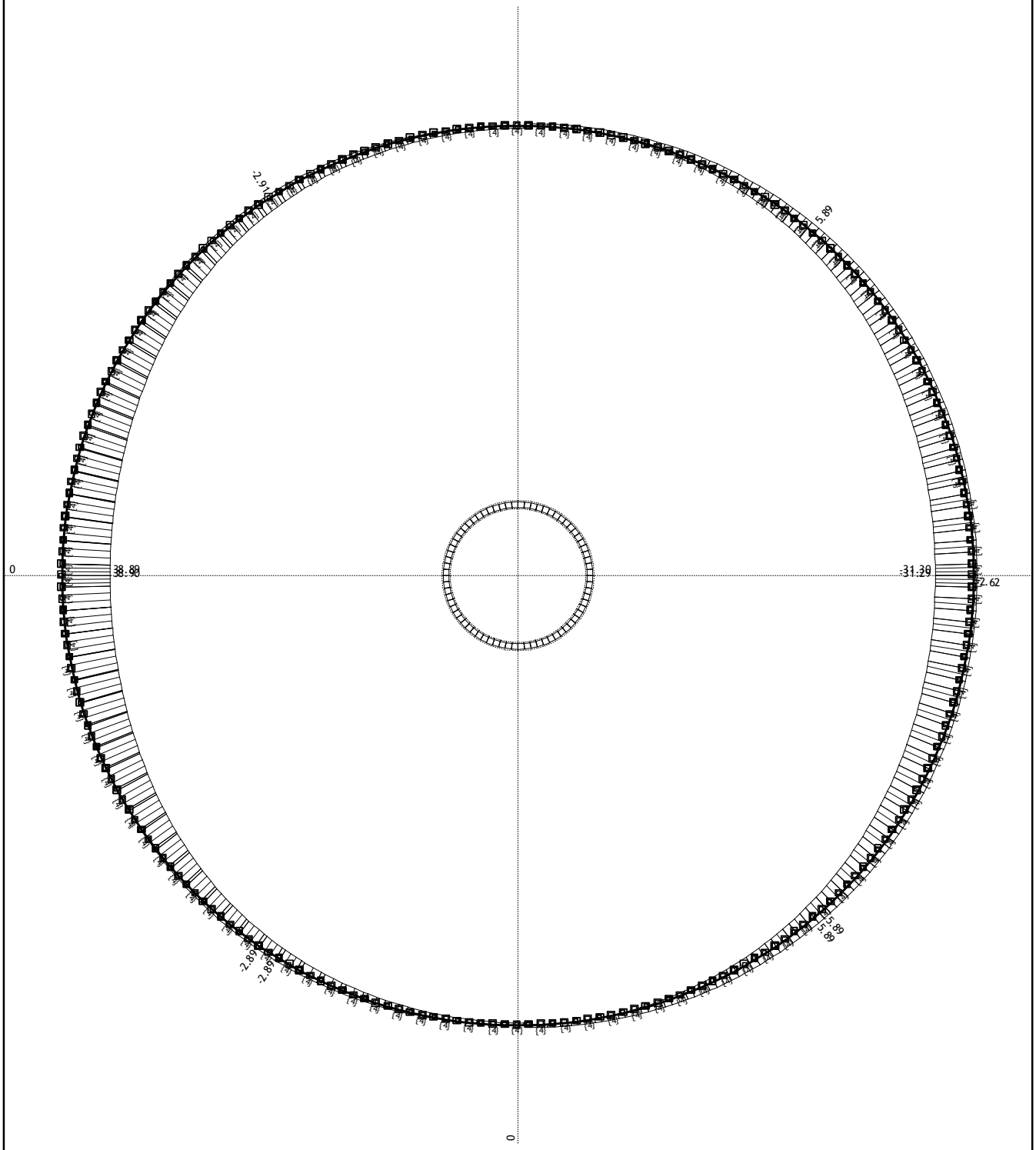
Nivo: Središnji vezni prsten [73.61 m]
Uticaji u gredi: max Yp= 14.20 / min Yp= -14.20 m / 1000

Opt. 27: [2] 12-21



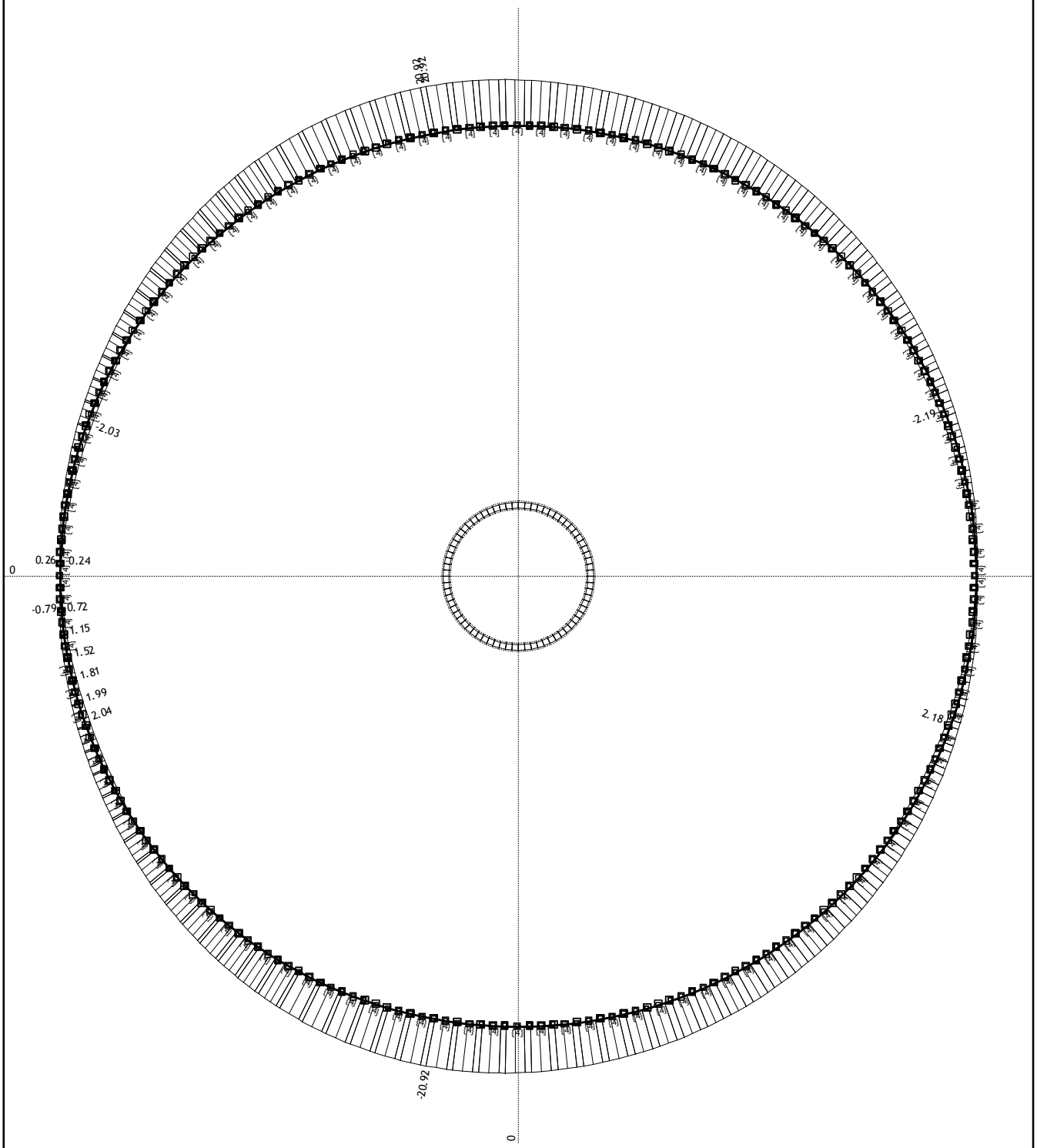
Nivo: Središnji vezni prsten [73.61 m]
Uticaji u gredi: max Yp= 14.20 / min Yp= -14.20 m / 1000

Opt. 27: [2] 12-21



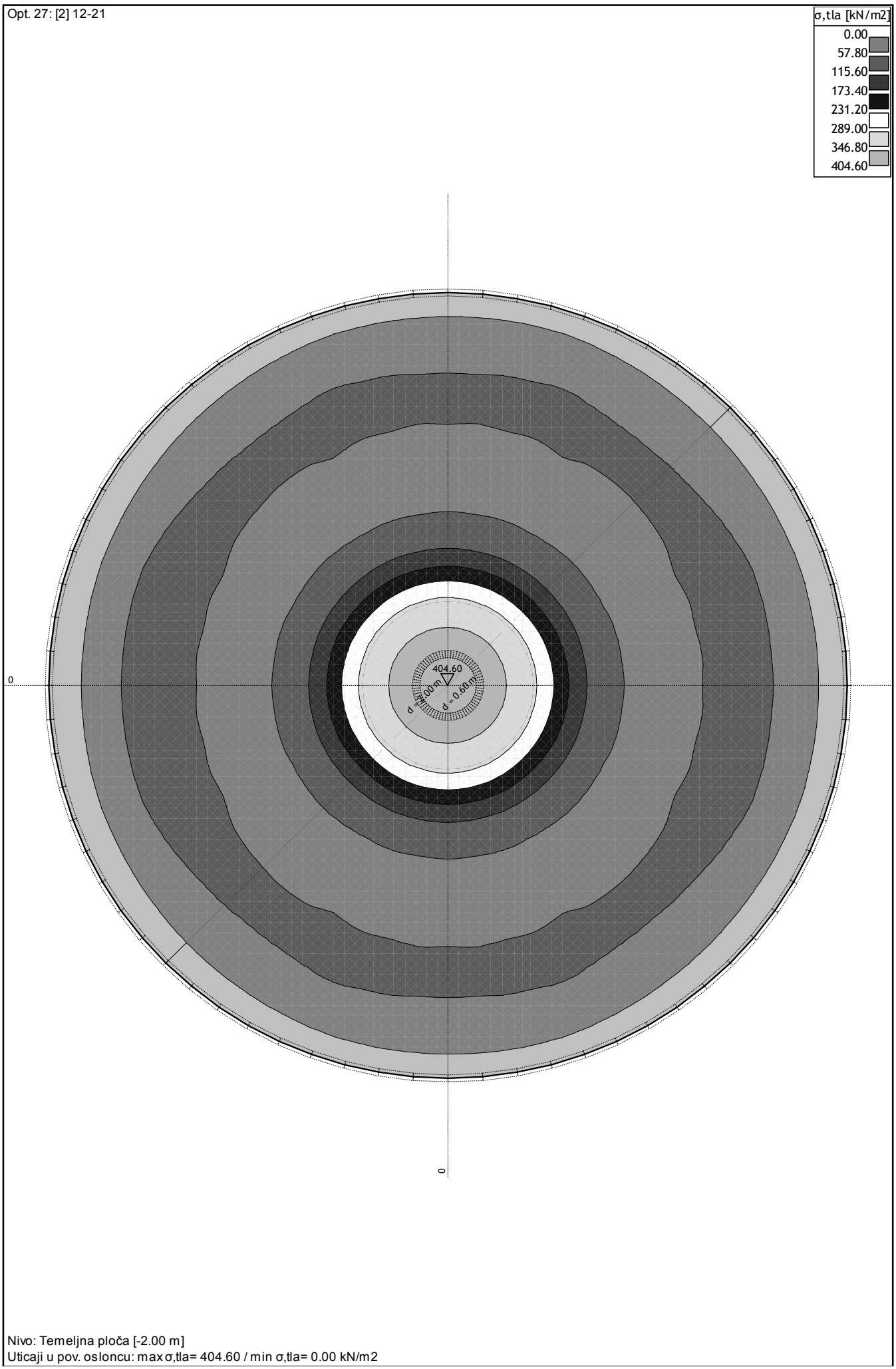
Nivo: Vezna greda [69.47 m]
Uticaji u gredi: max Xp= 38.90 / min Xp= -31.30 m / 1000

Opt. 27: [2] 12-21



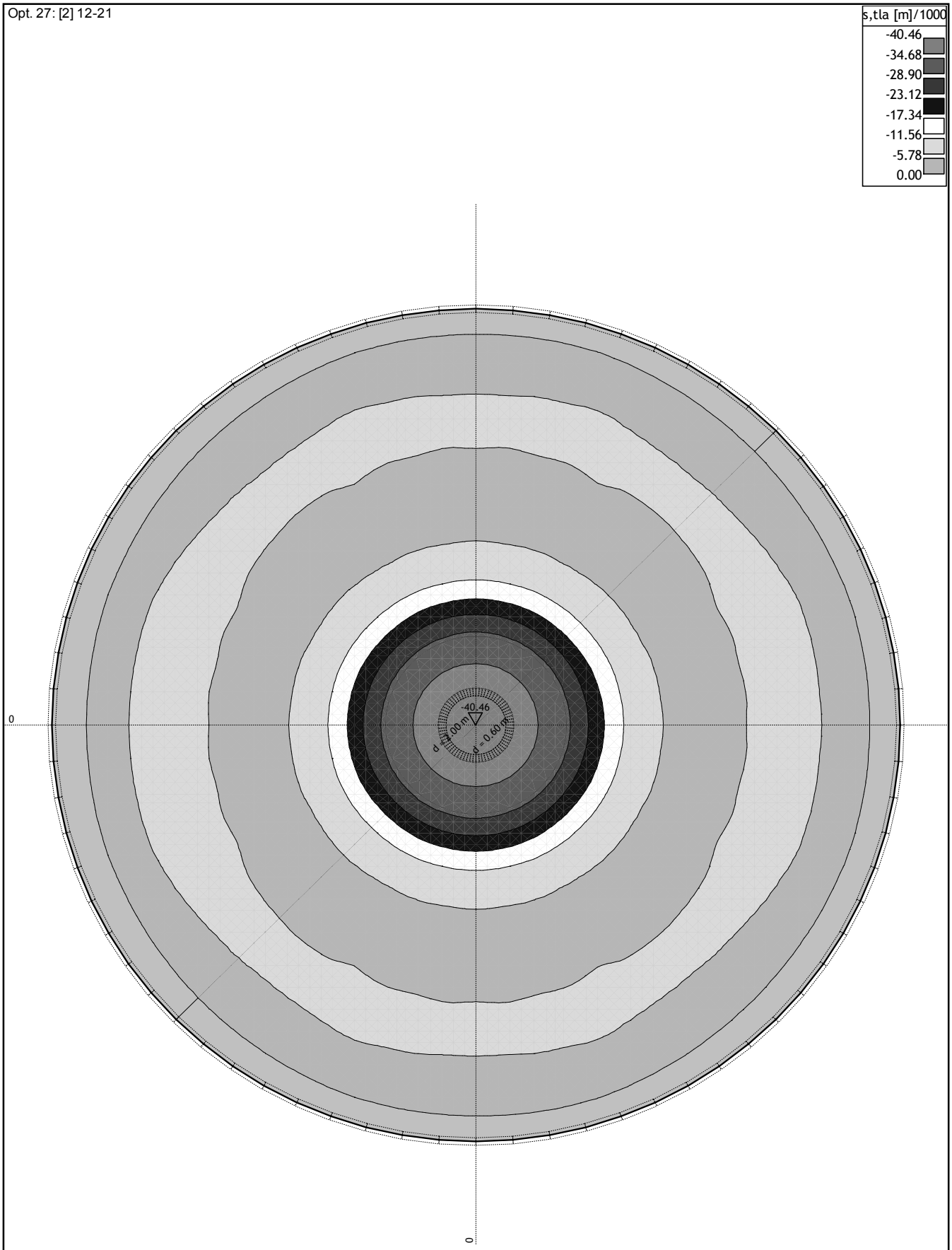
Nivo: Vezna greda [69.47 m]
Uticaji u gredi: max Yp= 20.92 / min Yp= -20.92 m / 1000

Opt. 27: [2] 12-21



Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Uticaji u pov. osloncu: max σ,tla= 404.60 / min σ,tla= 0.00 kN/m2

Opt. 27: [2] 12-21



Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Uticaji u pov. osloncu: max s,tla= 0.00 / min s,tla= -40.46 m / 1000

Dimenzionisanje (beton)

Usvojena armatura
@1@EUROCODE,C25/30,B500B, a=5.00 cm

Aa - d.zona [cm2/m]
0.00
8.28
16.55

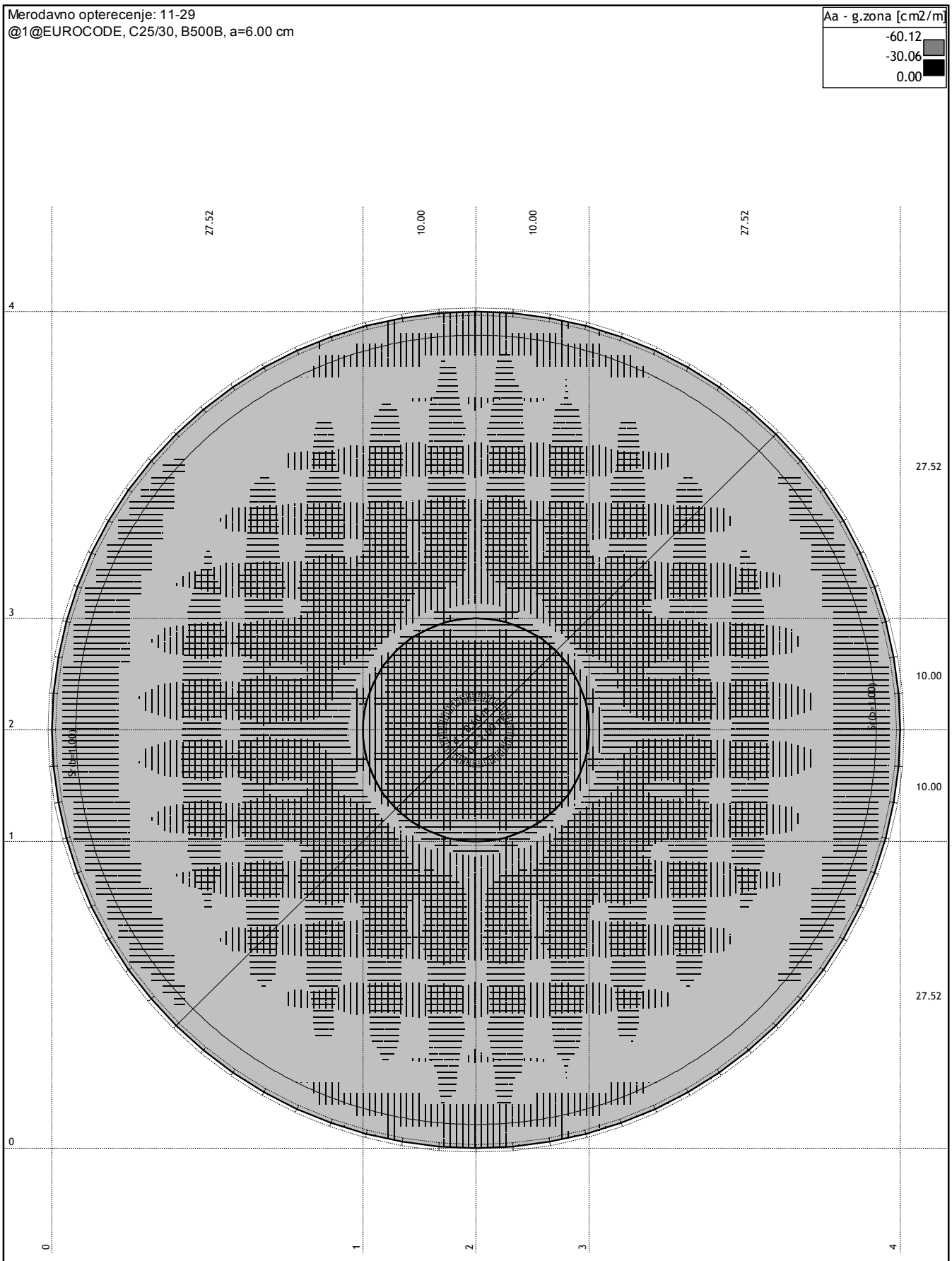
Ram: C_28
Aa - d.zona
Zid bazena

Usvojena armatura
@1@EUROCODE,C25/30, B500B, a=5.00 cm

Aa - g.zona [cm2/m]
-16.47
-8.24
0.00

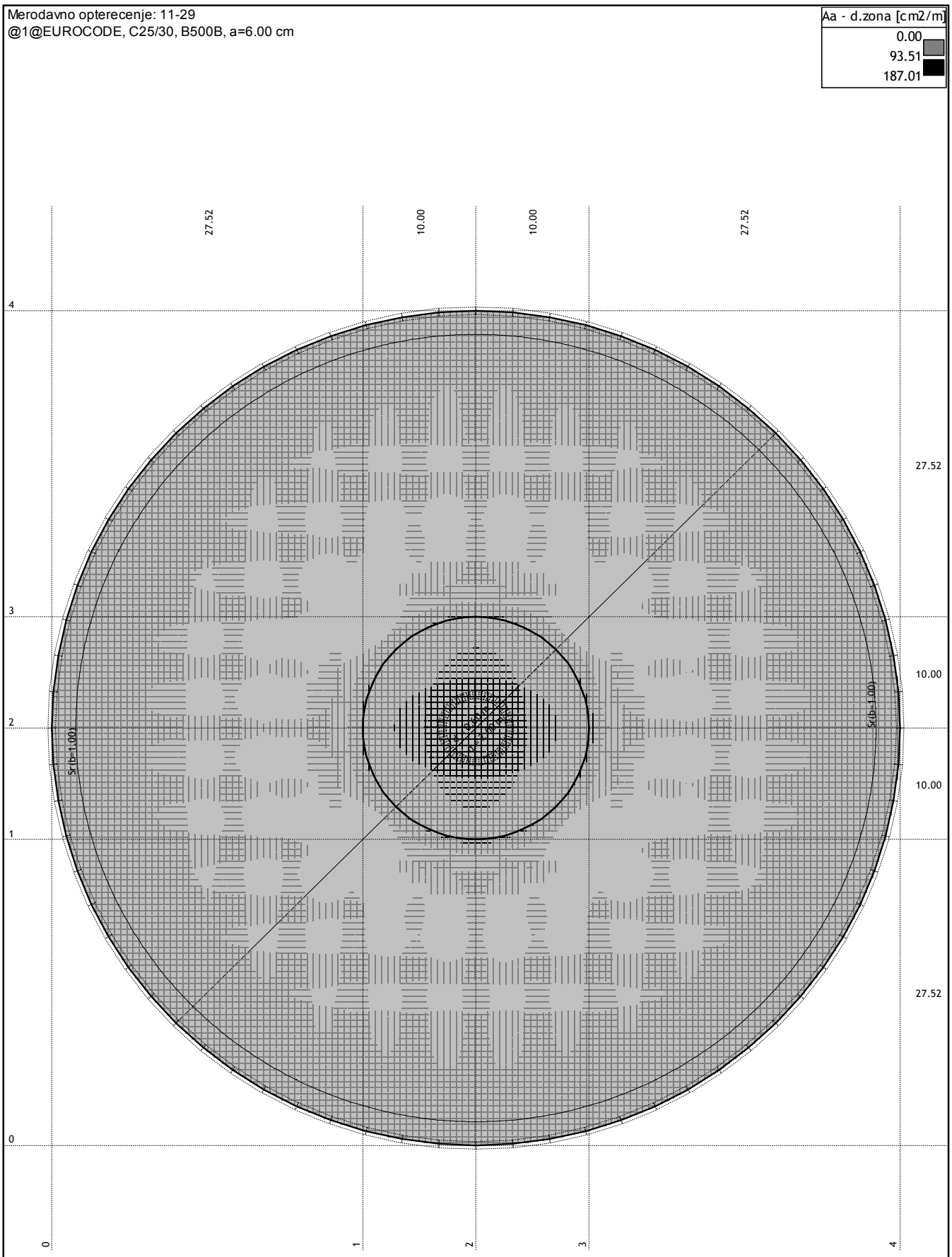
Ram: C_28
Aa - g.zona
Zid bazena

Merodavno opterecenje: 11-29
@1@EUROCODE, C25/30, B500B, a=6.00 cm



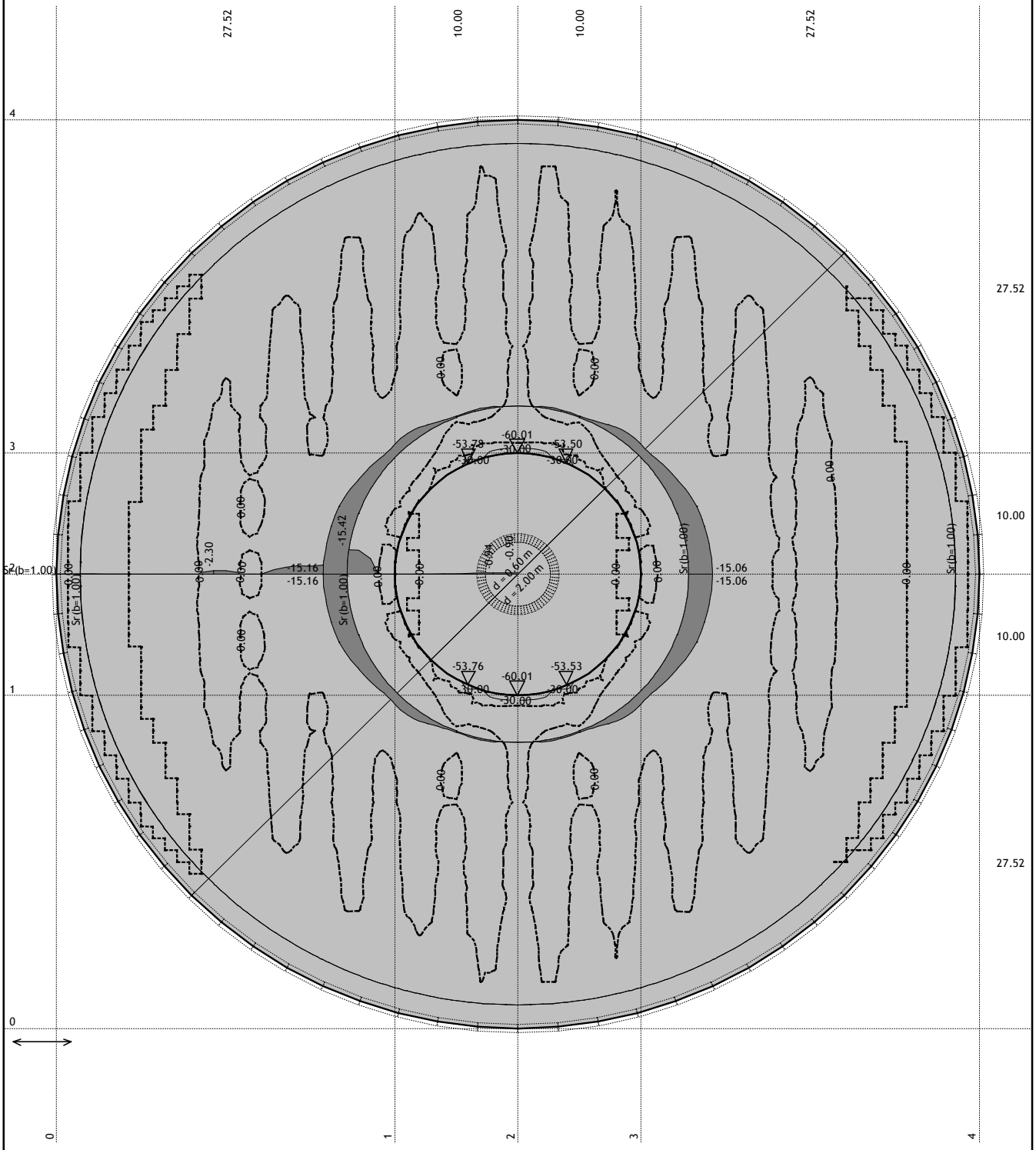
Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Aa - g.zona - max Aa,g= -60.11 cm2/m

Merodavno opterecenje: 11-29
@1@EUROCODE, C25/30, B500B, a=6.00 cm



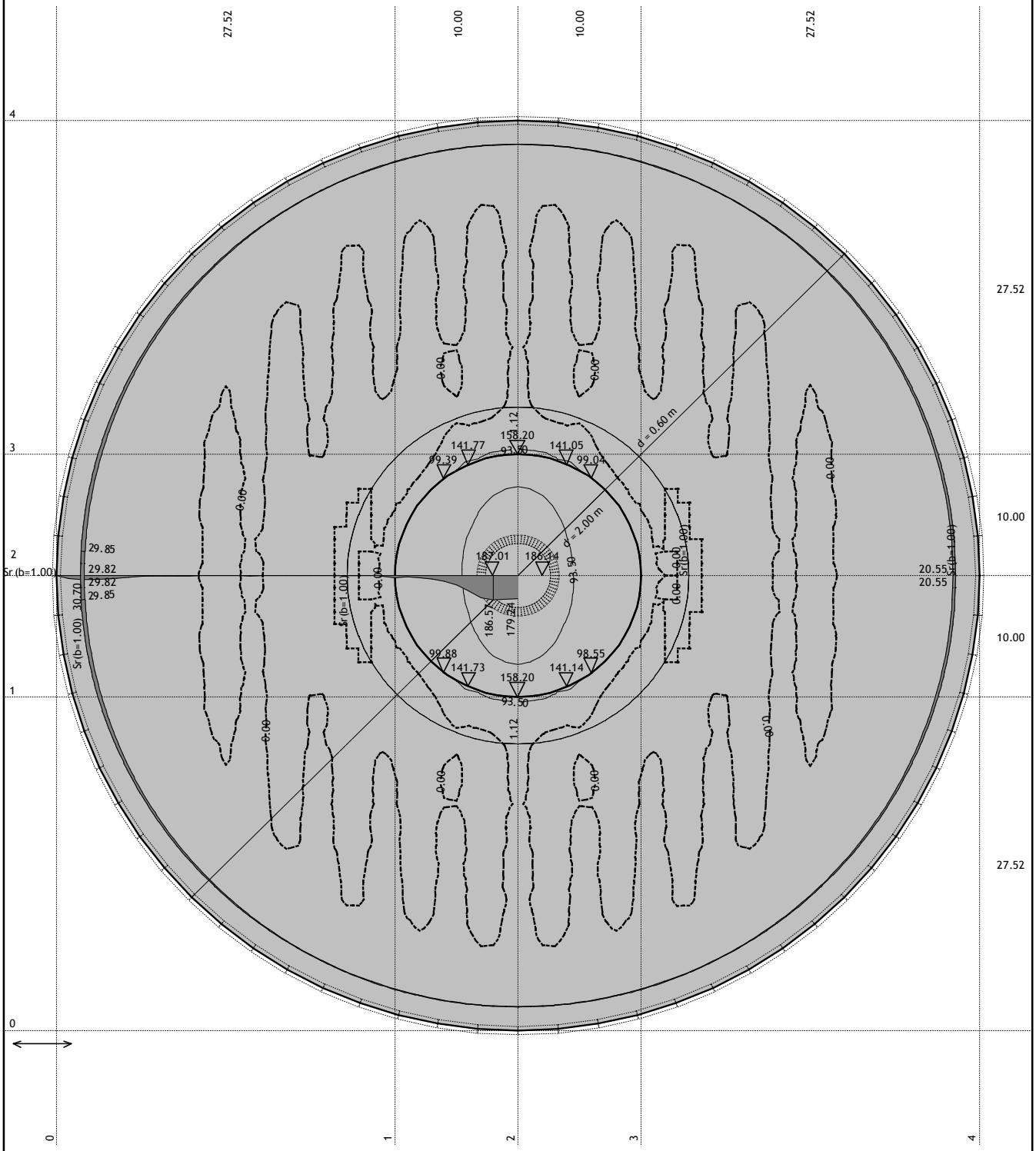
Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Aa - d.zona - max Aa,d= 187.01 cm2/m

Merodavno opterecenje: 11-29
@1@EUROCODE, C25/30, B500B, a=6.00 cm



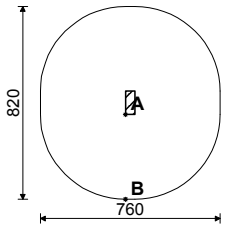
Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Aa - g.zona - Pravac 1 - max Aa1,g= -60.01 cm2/m

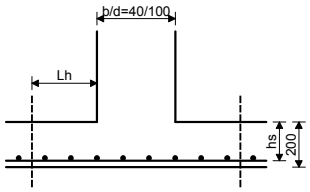
Merodavno opterecenje: 11-29
@1@EUROCODE, C25/30, B500B, a=6.00 cm



Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m]
Aa - d.zona - Pravac 1 - max Aa1,d= 187.01 cm2/m

Kontrola ploca na probijanje
C 25





KONTROLA PRESEKA UZ IVICU STUBA

Sila u stubu	N =	9872.3	kN
Merodavni smicuci napon (tacka A)	ved =	1.959	MPa
Debljina ploce	d,pl =	2.000	m
Staticka visina ploce	hs =	1.800	m
Cvrstoca betona	fck =	25.000	MPa
Racunska cvrstoca betona	fcd =	16.667	MPa
Koeficijent	v =	0.540	
Koeficijent	γc =	1.500	
Maksimalna otpornost	vRd,max =	4.500	MPa

Uslov: ved <= vRd,max (1.96 <= 4.50)
Uslov je ispunjen

KONTROLA KRITICNOG PRESEKA 1. (Lh = 3.60m od ivice stuba)

Sila u stubu	N =	9872.3	kN
Merodavni smicuci napon (tacka B)	ved =	0.216	MPa
Debljina ploce	d,pl =	2.000	m
Staticka visina ploce	hs =	1.800	m
Obim kriticnog preseka	u1 =	25.419	m
Cvrstoca betona	fck =	25.000	MPa
Racunska cvrstoca betona	fcd =	16.667	MPa
Koeficijent	v =	0.540	
Koeficijent	γc =	1.500	
Maksimalna otpornost	vRd,max =	4.500	MPa

Uslov: ved <= vRd,max (0.22 <= 4.50)
Uslov je ispunjen

Postojeca armatura u ploci

Povrsina armature - pravac 1	Aa,1 =	61.575	cm2
Procenat armiranja - pravac 1	ρ,1 =	0.342	%
Povrsina armature - pravac 2	Aa,2 =	61.575	cm2
Procenat armiranja - pravac 2	ρ,2 =	0.342	%
Srednja vrednost procenta armiranja	ρl =	0.342	%
Koeficijent	CRd,c =	0.120	
Koeficijent	K1 =	0.100	
Koeficijent	k,vmin=	0.035	
Koeficijent	vmin=	0.269	
Normalni napon u betonu	σcp =	-0.000	MPa
Otpornost na probijanje ploce bez dodatne armature za obezbedjenje	vRd,c =	0.327	MPa

Uslov: ved <= vRd,c (0.22 <= 0.33)
Uslov je ispunjen, nije potrebna dodatna armatura za obezbedjenje od probijanja ploce.

Nivo: Temeljna ploča [-2.00 m] - @1@EUROCODE
C25/30 (d,pl=200.0 cm)
Gornja zona: B500B (a=6.0 cm)
Donja zona: B500B (a=6.0 cm)
Eb(t0) = 3.15e+007 kN/m2
Ea = 2e+008 kN/m2
fbzs = 2593.44 kN/m2
φ = 2.60
X = 0.80
εs = 0.100‰
k1 = 0.80
β1 = 1.00

Tacka 1
X=0.00 m; Y=0.00 m; Z=-2.00 m
Gornja zona
Ø18/15 α = 0°
Ø18/15 α = 90°
Donja zona
Ø28/10 α = 0°
Ø28/10 α = 0°
Ø28/10 α = 0°
Ø28/10 α = 90°
Ø28/10 α = 90°
Ø28/10 α = 90°

Pravac 1: (α=0°)

T = 0 Presek sa prslinom
Merodavna kombinacija: 1.00xXXI
N1 = 0.00 kN/m
M = 10260.89 kNm/m
Ivicni naponi u betonu
[-20247.67 , 51968.25] kN/m2
Ivicne dilatacije
[-0.64‰ , 1.65‰]
k2 = 0.125
σa1,II = 316201.73 kN/m2
β2 = 1.00
ζ = 0.96
εsr = 1.52‰
Mr = 2049.47 kNm/m
Nr = 0.00 kN/m
σa,r = 63156.93 kN/m2
μz,ef = 12.32%
Rastojanje prslina Lps = 7.27 cm
Sirina prslina ak(t0) = 0.188 mm

T = ∞ Presek sa prslinom
Dugotrajni uticaji
Merodavna kombinacija: 1.00xXXI
N1 = 0.00 kN/m
M = 10260.89 kNm/m
Kratkotrajni uticaji
N1 = 0.00 kN/m
M = 0.00 kNm/m
Ivicni naponi u betonu
[-13004.98 , 9944.18] kN/m2
Ivicne dilatacije
[-1.71‰ , 1.73‰]
k2 = 0.125
σa1,II = 325425.32 kN/m2
β2 = 0.50
ζ = 0.98
εsr = 1.60‰
Mr = 2049.47 kNm/m
Nr = 0.00 kN/m
σa,r = 63156.93 kN/m2
μz,ef = 12.32%
Rastojanje prslina Lps = 7.27 cm
Sirina prslina ak(t∞) = 0.197 mm

Pravac 2: (α=90°)

T = 0 Presek sa prslinom
Merodavna kombinacija: 1.00xXXI
N1 = 0.00 kN/m
M = 10237.53 kNm/m
Ivicni naponi u betonu
[-20201.56 , 51849.92] kN/m2
Ivicne dilatacije
[-0.64‰ , 1.65‰]
k2 = 0.125
σa1,II = 315481.74 kN/m2
β2 = 1.00
ζ = 0.96
εsr = 1.51‰
Mr = 2049.47 kNm/m
Nr = 0.00 kN/m
σa,r = 63156.93 kN/m2
μz,ef = 12.32%
Rastojanje prslina Lps = 7.27 cm
Sirina prslina ak(t0) = 0.187 mm

T = ∞ Presek sa prslinom
Dugotrajni uticaji
Merodavna kombinacija: 1.00xXXI
N1 = 0.00 kN/m
M = 10237.53 kNm/m
Kratkotrajni uticaji
N1 = 0.00 kN/m
M = 0.00 kNm/m
Ivicni naponi u betonu
[-12975.54 , 9923.88] kN/m2
Ivicne dilatacije
[-1.70‰ , 1.73‰]
k2 = 0.125
σa1,II = 324683.14 kN/m2
β2 = 0.50
ζ = 0.98
εsr = 1.59‰
Mr = 2049.47 kNm/m
Nr = 0.00 kN/m
σa,r = 63156.93 kN/m2
μz,ef = 12.32%
Rastojanje prslina Lps = 7.27 cm
Sirina prslina ak(t∞) = 0.197 mm

Tacka 2
X=-3.00 m; Y=0.00 m; Z=-2.00 m
Gornja zona
Ø18/15 α = 0°
Ø18/15 α = 90°
Donja zona
Ø28/10 α = 0°
Ø28/10 α = 0°
Ø28/10 α = 0°
Ø28/10 α = 90°
Ø28/10 α = 90°
Ø28/10 α = 90°

Pravac 1: (α=0°)

T = 0 Presek sa prslinom
Merodavna kombinacija: 1.00xXXI
N1 = 0.00 kN/m
M = 9868.75 kNm/m
Ivicni naponi u betonu
[-19473.86 , 49982.18] kN/m2
Ivicne dilatacije
[-0.62‰ , 1.59‰]
k2 = 0.125
σa1,II = 304117.48 kN/m2
β2 = 1.00
ζ = 0.96
εsr = 1.46‰
Mr = 2049.47 kNm/m
Nr = 0.00 kN/m
σa,r = 63156.93 kN/m2
μz,ef = 12.32%
Rastojanje prslina Lps = 7.27 cm
Sirina prslina ak(t0) = 0.180 mm

T = ∞ Presek sa prslinom
Dugotrajni uticaji
Merodavna kombinacija: 1.00xXXI
N1 = 0.00 kN/m
M = 9868.75 kNm/m
Kratkotrajni uticaji
N1 = 0.00 kN/m
M = 0.00 kNm/m
Ivicni naponi u betonu
[-12510.83 , 9603.48] kN/m2
Ivicne dilatacije
[-1.64‰ , 1.66‰]
k2 = 0.125
σa1,II = 312968.77 kN/m2
β2 = 0.50
ζ = 0.98
εsr = 1.53‰
Mr = 2049.47 kNm/m
Nr = 0.00 kN/m
σa,r = 63156.93 kN/m2
μz,ef = 12.32%
Rastojanje prslina Lps = 7.27 cm
Sirina prslina ak(t∞) = 0.190 mm

Pravac 2: (α=90°)

T = 0 Presek sa prslinom
Merodavna kombinacija: 1.00xXXI
N1 = 0.00 kN/m
M = 10183.56 kNm/m
Ivicni naponi u betonu
[-20095.07 , 51576.59] kN/m2
Ivicne dilatacije
[-0.64‰ , 1.64‰]
k2 = 0.125
σa1,II = 313818.65 kN/m2
β2 = 1.00
ζ = 0.96
εsr = 1.51‰
Mr = 2049.47 kNm/m
Nr = 0.00 kN/m
σa,r = 63156.93 kN/m2
μz,ef = 12.32%
Rastojanje prslina Lps = 7.27 cm
Sirina prslina ak(t0) = 0.186 mm

T = ∞ Presek sa prslinom
Dugotrajni uticaji
Merodavna kombinacija: 1.00xXXI
N1 = 0.00 kN/m
M = 10183.56 kNm/m
Kratkotrajni uticaji
N1 = 0.00 kN/m
M = 0.00 kNm/m
Ivicni naponi u betonu
[-12907.53 , 9876.99] kN/m2
Ivicne dilatacije
[-1.69‰ , 1.72‰]
k2 = 0.125
σa1,II = 322968.82 kN/m2
β2 = 0.50
ζ = 0.98
εsr = 1.58‰
Mr = 2049.47 kNm/m
Nr = 0.00 kN/m
σa,r = 63156.93 kN/m2
μz,ef = 12.32%
Rastojanje prslina Lps = 7.27 cm
Sirina prslina ak(t∞) = 0.196 mm

C25/30 (d,pl=60.0 cm)
Gornja zona: B500B (a=6.0 cm)
Donja zona: B500B (a=6.0 cm)
Eb(t0) = 3.15e+007 kN/m2
Ea = 2e+008 kN/m2
fbzs = 2593.44 kN/m2
φ = 2.60
X = 0.80
εs = 0.100‰
k1 = 0.80
β1 = 1.00

Tacka 3
X=-32.56 m; Y=0.00 m; Z=-2.00 m
Gornja zona
Ø18/15 α = 0°
Ø18/15 α = 90°
Donja zona
Ø20/10 α = 0°
Ø20/10 α = 90°

Pravac 1: (α=0°)

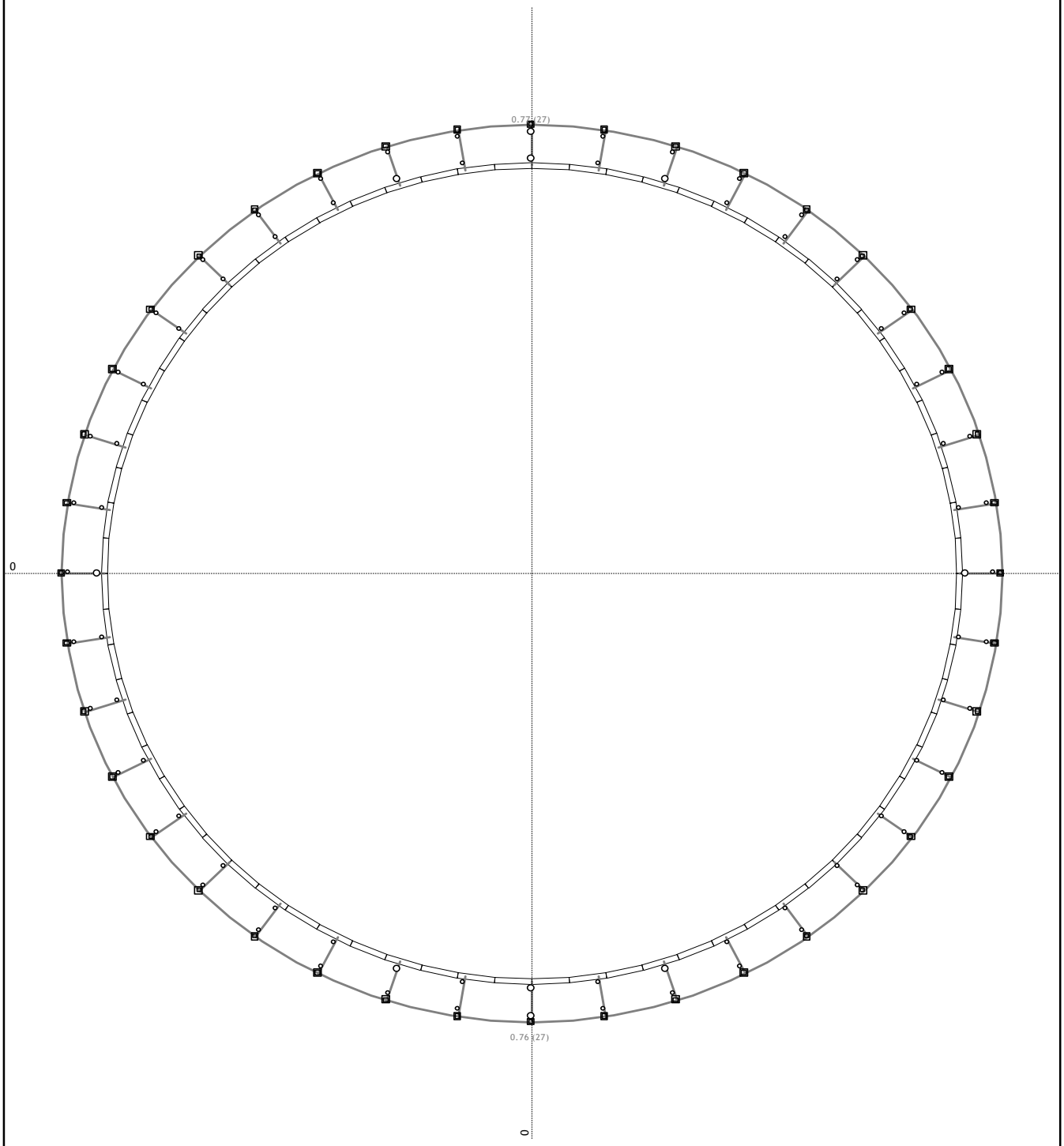
T = 0 Presek sa prslinom
Merodavna kombinacija: 1.00xXIX
N1 = 0.00 kN/m
M = 472.95 kNm/m
Ivicni naponi u betonu
[-11979.29 , 35790.33] kN/m2
Ivicne dilatacije
[-0.38‰ , 1.14‰]
k2 = 0.125
σa1,II = 196910.25 kN/m2
β2 = 1.00
ζ = 0.86
εsr = 0.85‰
Mr = 176.80 kNm/m
Nr = 0.00 kN/m
σa,r = 73612.58 kN/m2
μz,ef = 3.28%
Rastojanje prslina Lps = 12.63 cm
Sirina prslina ak(t0) = 0.182 mm

T = ∞ Presek sa prslinom
Dugotrajni uticaji
Merodavna kombinacija: 1.00xXIX
N1 = 0.00 kN/m
M = 472.95 kNm/m
Kratkotrajni uticaji
N1 = 0.00 kN/m
M = 0.00 kNm/m
Ivicni naponi u betonu
[-6799.10 , 7586.71] kN/m2
Ivicne dilatacije
[-0.96‰ , 1.23‰]
k2 = 0.125
σa1,II = 202623.35 kN/m2
β2 = 0.50
ζ = 0.93
εsr = 0.95‰
Mr = 176.80 kNm/m
Nr = 0.00 kN/m
σa,r = 73612.58 kN/m2
μz,ef = 4.65%
Rastojanje prslina Lps = 10.37 cm
Sirina prslina ak(t∞) = 0.167 mm

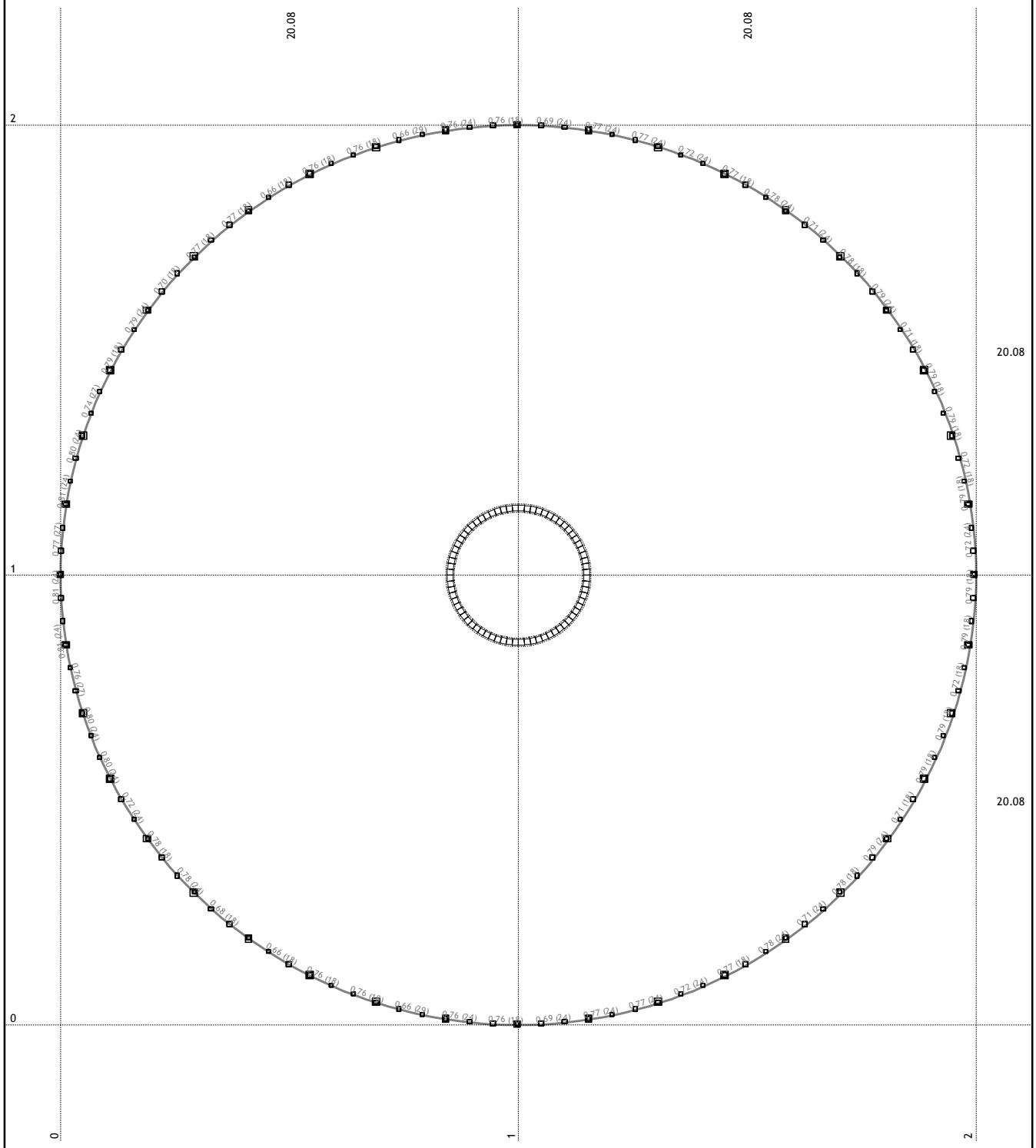
Pravac 2: (α=90°)

T = 0 Presek bez prsline

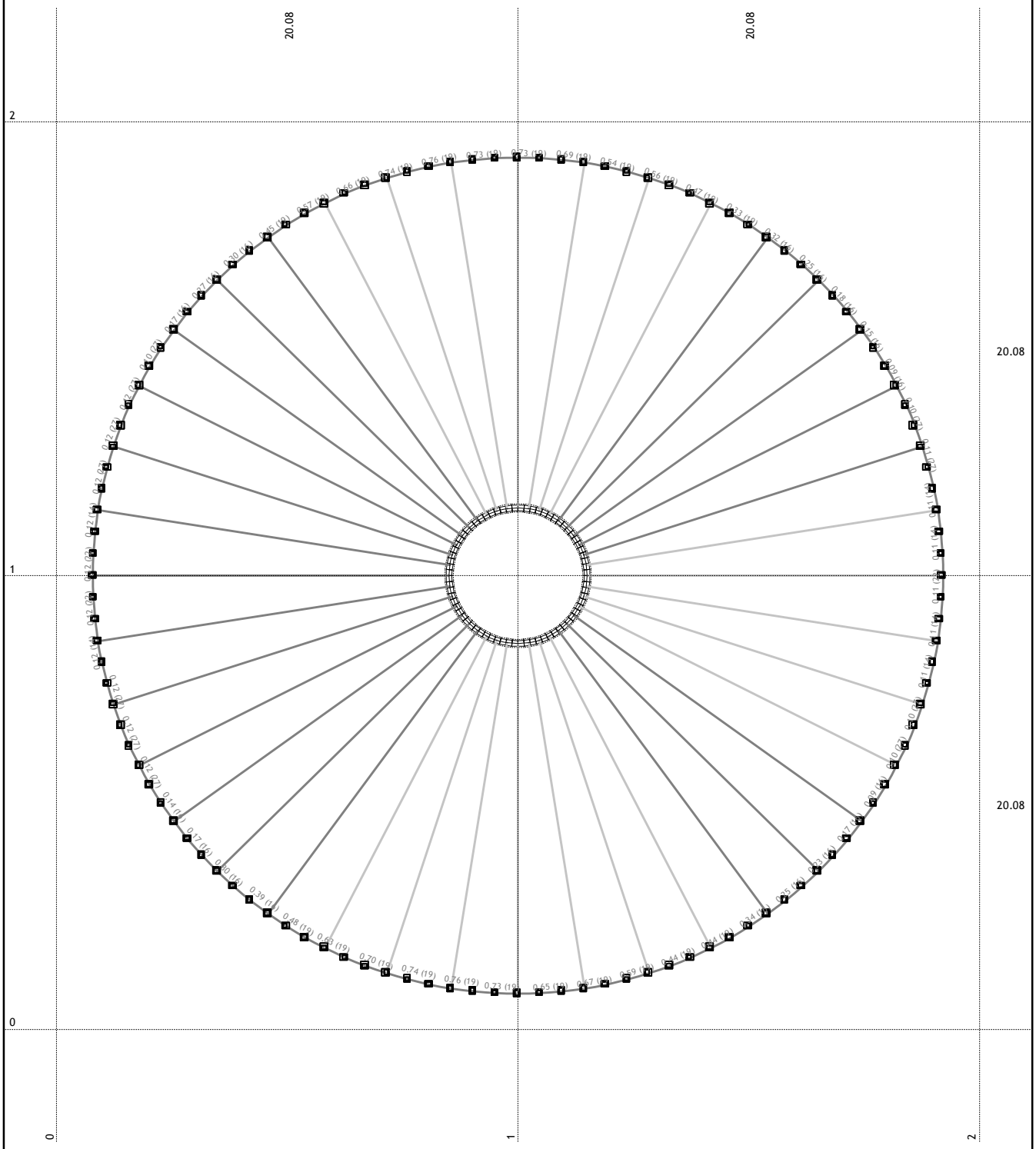
T = ∞ Presek bez prsline



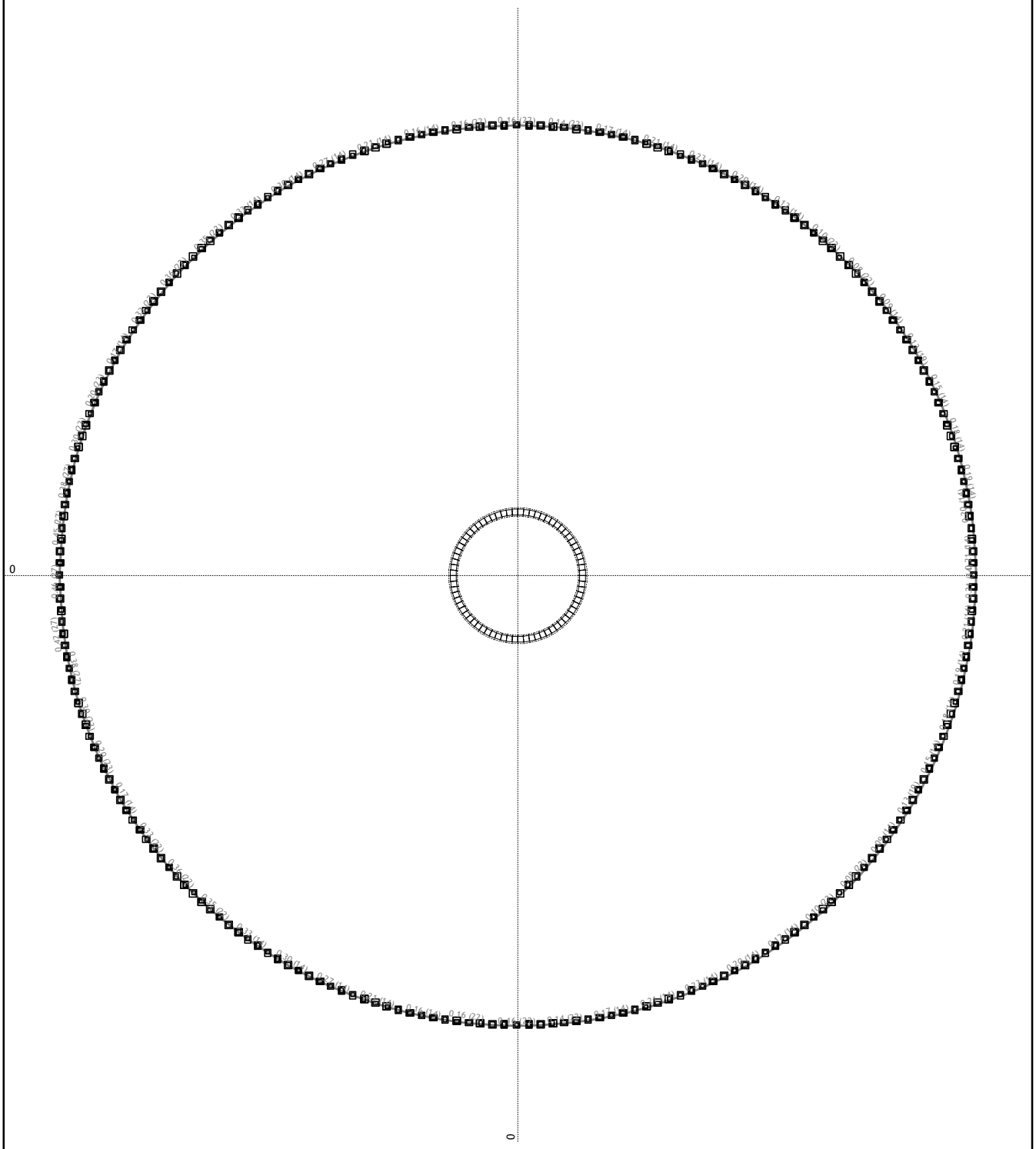
Nivo: Prirubni prsten [129.30 m]
Kontrola napona



Nivo: Pitisnuti prsten [113.00 m]
Kontrola napona



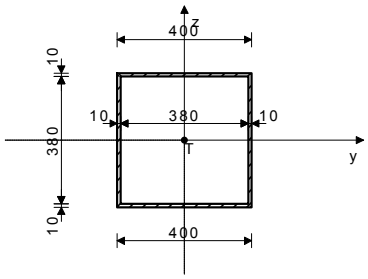
Nivo: Sredisnji vezni prsten [73.61 m]
Kontrola napona



Nivo: Vezna greda [56.91 m]
Kontrola napona

STAP 16847-16972
POPREČNI PRESEK : Sandučasti [S 235]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



[mm]

Ax =	156.00	cm2
Ay =	80.000	cm2
Az =	76.000	cm2
Ix =	59319.0	cm4
Iy =	39572.0	cm4
Iz =	39572.0	cm4
Wy =	1978.6	cm3
Wz =	1978.6	cm3
Wy,pl =	2282.0	cm3
Wz,pl =	2282.0	cm3
γM0 =	1.100	
γM1 =	1.100	
γM2 =	1.250	
Anet/A =	0.900	

(fy = 23.5 kN/cm2, fu = 36.0 kN/cm2)

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

15. γ=0.70	19. γ=0.70	21. γ=0.70
22. γ=0.70	12. γ=0.62	13. γ=0.62
14. γ=0.62	16. γ=0.55	17. γ=0.55
23. γ=0.55	27. γ=0.55	20. γ=0.50
26. γ=0.35	25. γ=0.35	24. γ=0.31
18. γ=0.28	11. γ=0.02	28. γ=0.02
29. γ=0.02		

ŠTAP IZLOŽEN PRITISKU I SAVIJANJU
(slučaj opterećenja 19, kraj štapa)

Računska normalna sila	NsEds =	-1952.7	kN
Transverzalna sila u y pravcu	VsEd,ys =	1.544	kN
Transverzalna sila u z pravcu	VsEd,zs =	0.806	kN
Momenat savijanja oko y ose	MsEd,ys =	-4.127	kNm
Momenat savijanja oko z ose	MsEd,zs =	-58.209	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	96.843	cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA
Klasa preseka 1

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.4 Pritisak
Računska otpornost na pritisak Nsc,Rds = 3332.7 kN
Uslov 6.9: NsEds <= Nsc,Rds (1952.66 <= 3332.73)

6.2.5 Savijanje y-y
Plastični otporni moment Wy,pl = 2282.0 cm3
Računska otpornost na savijanje Msc,Rds = 487.52 kNm
Uslov 6.12: MsEd,ys <= Msc,Rd,ys (4.13 <= 487.52)

6.2.5 Savijanje z-z
Plastični otporni moment Wz,pl = 2282.0 cm3
Računska otpornost na savijanje Msc,Rds = 487.52 kNm
Uslov 6.12: MsEd,zs <= Msc,Rd,zs (58.21 <= 487.52)

6.2.6 Smicanje
Proračunska nosivost na smicanje Vspl,Rd,zs = 937.41 kN
Proračunska nosivost na smicanje Vsc,Rd,zs = 937.41 kN
Uslov 6.17: VsEd,zs <= Vsc,Rd,zs (0.81 <= 937.41)

Proračunska nosivost na smicanje Vspl,Rd,ys = 842.81 kN
Proračunska nosivost na smicanje Vsc,Rd,ys = 842.81 kN
Uslov 6.17: VsEd,ys <= Vsc,Rd,ys (1.54 <= 842.81)

6.2.10 Savijanje smicanje i aksijalna sila
Nije potrebna redukcija momenata otpornosti
Uslov: VsEd,zs <= 50%Vspl,Rd,zs ; VsEd,ys <= 50%Vspl,Rd,ys

6.2.9 Savijanje i aksijalna sila
Odnos NsEds / Nspl,Rds 0.586
Reduk.moment plast.otp.na savijanje MsN,z,Rds = 269.17 kNm
Koeficijent β = 2.712
Odnos (Msz,Eds / MsN,z,Rds)^β 0.016
Uslov 6.41: (0.02 <= 1)

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE
6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y	l,y =	96.843	cm
Relativna vitkost y-y	λ_y =	0.065	
Kriva izvijanja za osu y-y: B	α =	0.340	
Elastična kritična sila	Nscrs,y =	8.75e+5	kN
Redukcioni koeficijent	χ,y =	1.000	
Računska otpornost na izvijanje	Nsb,Rd,ys =	3332.7	kN

Uslov 6.46: NsEds <= Nsb,Rd,ys (1952.66 <= 3332.73)

Dužina izvijanja z-z	l,z =	96.843	cm
Relativna vitkost z-z	λ_z =	0.065	
Kriva izvijanja za osu z-z: B	α =	0.340	
Redukcioni koeficijent	χ,z =	1.000	
Računska otpornost na izvijanje	Nsb.Rd,zs =	3332.7	kN

Uslov 6.46: NsEds <= Nsb,Rd,zs (1952.66 <= 3332.73)

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent	C1 =	1.047	
Koeficijent	C2 =	0.000	
Koeficijent	C3 =	0.999	
Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja	k =	1.000	
Koef.efekt.dužine torzionog uvrtanja	kw =	1.000	
Koordinata	zg =	0.000	cm
Koordinata	zj =	0.000	cm
Razmak bočno pridržanih tačaka	L =	96.854	cm
Sektorski momenat inercije	Iw =	0.000	cm6
Krit.mom.za bočno tor.izvijanje	Mcr =	2.14e+5	kNm
Odgovarajući otporni momenat	Wsys =	2282.0	cm3
Koeficijent imperf.	αLT =	0.760	
Bezdimenziona vitkost	λLT_ =	0.050	
Koeficijent redukcije	χLT =	1.000	
Računska otpornost na izvijanje	Msb,Rds =	487.52	kNm

Nije potrebno voditi računa o bočno-torz.izv. λ_LT <= 0.4

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog preseka opterećeni savijanjem i aksijalnim pritiskom
Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br.2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta	Csmys =	0.966
Koeficijent uniformnog momenta	Csmzs =	0.983
Koeficijent uniformnog momenta	CsmLTs =	0.966
Koeficijent interakcije	ksyys =	0.890
Koeficijent interakcije	ksyzs =	0.543
Koeficijent interakcije	kszys =	0.534
Koeficijent interakcije	kszzs =	0.905
Redukcioni koeficijent	χsys =	1.000
NsEds / (χsys NsRks / γM1)		0.586
kyy * (MsyEds + ΔMsyEds) / ...		0.008
kyz * (MszEds + ΔMszEds) / ...		0.065

Uslov 6.61: (0.66 <= 1)

Redukcioni koeficijent	χszs =	1.000
NsEds / (χszs NsRks / γM1)		0.586
kzy * (MsyEds + ΔMsyEds) / ...		0.005
kzz * (MszEds + ΔMszEds) / ...		0.108

Uslov 6.62: (0.70 <= 1)

PROVERA OTPORNOSTI NA SMICANJE
(slučaj opterećenja 18, početak štapa)

Računska normalna sila	NsEds =	-850.27	kN
Transverzalna sila u y pravcu	VsEd,ys =	9.499	kN
Transverzalna sila u z pravcu	VsEd,zs =	0.258	kN
Momenat savijanja oko y ose	MsEd,ys =	3.386	kNm
Momenat savijanja oko z ose	MsEd,zs =	14.325	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	96.843	cm

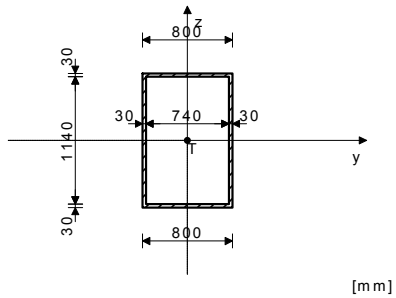
6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.6 Smicanje

Proračunska nosivost na smicanje Vspl,Rd,zs = 937.41 kN
Proračunska nosivost na smicanje Vsc,Rd,zs = 937.41 kN
Uslov 6.17: VsEd,zs <= Vsc,Rd,zs (0.26 <= 937.41)

Proračunska nosivost na smicanje Vspl,Rd,ys = 986.74 kN
Proračunska nosivost na smicanje Vsc,Rd,ys = 986.74 kN
Uslov 6.17: VsEd,ys <= Vsc,Rd,ys (9.50 <= 986.74)

STAP 17639-17759
POPREČNI PRESEK : Sandučasti [S 235]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



Ax =	1164.0	cm2
Ay =	480.00	cm2
Az =	684.00	cm2
Iy =	2.51e+6	cm4
Iz =	2.38e+6	cm4
Iz =	1.27e+6	cm4
Wy =	39730	cm3
Wz =	31759	cm3
Wy,pl =	47574	cm3
Wz,pl =	35934	cm3
γM0 =	1.100	
γM1 =	1.100	
γM2 =	1.250	
Anet/A =	0.900	

(fy = 23.5 kN/cm2, fu = 36.0 kN/cm2)

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

17. γ=0.73	23. γ=0.73	24. γ=0.73
27. γ=0.73	18. γ=0.73	26. γ=0.71
25. γ=0.71	13. γ=0.70	12. γ=0.69
14. γ=0.69	19. γ=0.66	21. γ=0.66
22. γ=0.66	15. γ=0.66	20. γ=0.64
11. γ=0.64	29. γ=0.64	28. γ=0.64
16. γ=0.63		

ŠTAP IZLOŽEN PRITISKU I SAVIJANJU
(slučaj opterećenja 27, kraj štapa)

Računska normalna sila	NsEds =	-16838	kN
Transverzalna sila u y pravcu	VsEd,ys =	5.745	kN
Transverzalna sila u z pravcu	VsEd,zs =	21.816	kN
Momenat savijanja oko y ose	MsEd,ys =	303.33	kNm
Momenat savijanja oko z ose	MsEd,zs =	-321.23	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	105.13	cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA
Klasa preseka 1

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.4 Pritisak
Računska otpornost na pritisak Nsc,Rds = 24867 kN
Uslov 6.9: NsEds <= Nsc,Rds (16838.43 <= 24867.27)

6.2.5 Savijanje y-y
Plastični otporni moment Wy,pl = 47574 cm3
Računska otpornost na savijanje Msc,Rds = 10164 kNm
Uslov 6.12: MsEd,ys <= Msc,Rd,ys (303.33 <= 10163.54)

6.2.5 Savijanje z-z
Plastični otporni moment Wz,pl = 35934 cm3
Računska otpornost na savijanje Msc,Rds = 7676.8 kNm
Uslov 6.12: MsEd,zs <= Msc,Rd,zs (321.23 <= 7676.81)

6.2.6 Smicanje
Proračunska nosivost na smicanje Vspl,Rd,zs = 8436.7 kN
Proračunska nosivost na smicanje Vsc,Rd,zs = 8436.7 kN
Uslov 6.17: VsEd,zs <= Vsc,Rd,zs (21.82 <= 8436.67)

Proračunska nosivost na smicanje Vspl,Rd,ys = 5920.5 kN
Proračunska nosivost na smicanje Vsc,Rd,ys = 5920.5 kN
Uslov 6.17: VsEd,ys <= Vsc,Rd,ys (5.74 <= 5920.47)

6.2.10 Savijanje smicanje i aksijalna sila
Nije potrebna redukcija momenata otpornosti
Uslov: VsEd,zs <= 50%Vspl,Rd,zs ; VsEd,ys <= 50%Vspl,Rd,ys

6.2.9 Savijanje i aksijalna sila
Odnos NsEds / Nspl,Rds 0.677
Uslov 6.41: (0.00 <= 1)

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE
6.3.1 Nosivost na izvijanje
Dužina izvijanja y-y l,y = 105.13 cm
Relativna vitkost y-y λ_y = 0.025
Kriva izvijanja za osu y-y: C α = 0.490
Elastična kritična sila Nscrs,y = 4.47e+7 kN
Redukcioni koeficijent χ,y = 1.000
Računska otpornost na izvijanje Nsb,Rd,ys = 24867 kN
Uslov 6.46: NsEds <= Nsb,Rd,ys (16838.43 <= 24867.27)

Dužina izvijanja z-z l,z = 105.13 cm
Relativna vitkost z-z λ_z = 0.034
Kriva izvijanja za osu z-z: B α = 0.340
Redukcioni koeficijent χ,z = 1.000
Računska otpornost na izvijanje Nsb.Rd,zs = 24867 kN
Uslov 6.46: NsEds <= Nsb,Rd,zs (16838.43 <= 24867.27)

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje
Koeficijent C1 = 1.019
Koeficijent C2 = 0.000
Koeficijent C3 = 1.000
Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja k = 1.000
Koef.efekt.dužine torzionog uvrtanja kw = 1.000
Koordinata zg = 0.000 cm
Koordinata zj = 0.000 cm
Razmak bočno pridržanih tačaka L = 105.14 cm
Sektorski momenat inercije Iw = 0.000 cm6
Krit.mom.za bočno tor.izvijanje Mcr = 7.08e+6 kNm
Odgovarajući otporni momenat Wsys = 47574 cm3
Koeficijent imperf. αLT = 0.760
Bezdimenziona vitkost λLT_ = 0.040
Koeficijent redukcije χLT = 1.000
Računska otpornost na izvijanje Msb,Rds = 10164 kNm
Nije potrebno voditi računa o bočno-torz.izv. λ_LT <= 0.4

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog preseka opterećeni savijanjem i aksijalnim pritiskom
Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br.2 (Aneks B)
Koeficijent uniformnog momenta Csmys = 0.986
Koeficijent uniformnog momenta Csmzs = 0.990
Koeficijent uniformnog momenta CsmLTs = 0.986
Koeficijent interakcije ksyys = 0.869
Koeficijent interakcije ksyzs = 0.527
Koeficijent interakcije kszys = 0.522
Koeficijent interakcije kszzs = 0.879

Redukcioni koeficijent χsys = 1.000
NsEds / (χsys NsRks / γM1) 0.677
kyy * (MsyEds + ΔMsyEds) / ... 0.026
kyz * (MszEds + ΔMszEds) / ... 0.022
Uslov 6.61: (0.73 <= 1)

Redukcioni koeficijent χszs = 1.000
NsEds / (χszs NsRks / γM1) 0.677
kzy * (MsyEds + ΔMsyEds) / ... 0.016
kzz * (MszEds + ΔMszEds) / ... 0.037
Uslov 6.62: (0.73 <= 1)

PROVERA OTPORNOSTI NA SMICANJE

(slučaj opterećenja 22, kraj štapa)

Računska normalna sila	NsEds =	-15203	kN
Transverzalna sila u y pravcu	VsEd,ys =	5.532	kN
Transverzalna sila u z pravcu	VsEd,zs =	27.037	kN
Momenat savijanja oko y ose	MsEd,ys =	239.87	kNm
Momenat savijanja oko z ose	MsEd,zs =	-300.42	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	105.13	cm

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.6 Smicanje

Proračunska nosivost na smicanje	Vspl,Rd,zs =	8436.7	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vsc,Rd,zs =	8436.7	kN

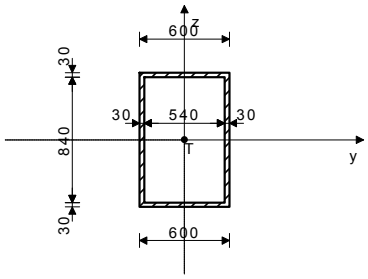
Uslov 6.17: VsEd,zs <= Vsc,Rd,zs (27.04 <= 8436.67)

Proračunska nosivost na smicanje	Vspl,Rd,ys =	5920.5	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vsc,Rd,ys =	5920.5	kN

Uslov 6.17: VsEd,ys <= Vsc,Rd,ys (5.53 <= 5920.47)

STAP 19897-20264
POPREČNI PRESEK : Sandučasti [S 235]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



[mm]

Ax =	864.00	cm2
Ay =	360.00	cm2
Az =	504.00	cm2
Ix =	1.02e+6	cm4
Iy =	9.78e+5	cm4
Iz =	5.18e+5	cm4
Wy =	21730	cm3
Wz =	17258	cm3
Wy,pl =	26244	cm3
Wz,pl =	19764	cm3
γM0 =	1.100	
γM1 =	1.100	
γM2 =	1.250	
Anet/A =	0.900	

(fy = 23.5 kN/cm2, fu = 36.0 kN/cm2)

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

18. γ=0.95	17. γ=0.95	23. γ=0.95
27. γ=0.95	13. γ=0.88	12. γ=0.87
14. γ=0.87	24. γ=0.77	22. γ=0.76
15. γ=0.76	19. γ=0.76	21. γ=0.76
26. γ=0.65	25. γ=0.65	11. γ=0.56
28. γ=0.56	29. γ=0.56	20. γ=0.54
16. γ=0.53		

ŠTAP IZLOŽEN ZATEZANJU I SAVIJANJU
(slučaj opterećenja 18, na 569.6 cm od početka štapa)

Računska normalna sila	NsEds =	11135	kN
Transverzalna sila u y pravcu	VsEd,ys =	30.468	kN
Transverzalna sila u z pravcu	VsEd,zs =	-134.90	kN
Momenat savijanja oko y ose	MsEd,ys =	-165.72	kNm
Momenat savijanja oko z ose	MsEd,zs =	322.87	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	1035.7	cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA
Klasa preseka 1

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.3 Zatezanje

Plast.rač.otpornost bruto preseka	Nspl,Rds =	18458	kN
Granična rač.otpornost neto preseka	Nsu,Rds =	20155	kN
Računska otp. na zatezanje	Nst,Rds =	18458	kN

Uslov 6.5: NsEds <= Nst,Rds (11134.53 <= 18458.18)

6.2.5 Savijanje y-y

Plastični otporni moment	Wy,pl =	26244	cm3
Računska otpornost na savijanje	Msc,Rds =	5606.7	kNm

Uslov 6.12: MsEd,ys <= Msc,Rd,ys (165.72 <= 5606.67)

6.2.5 Savijanje z-z

Plastični otporni moment	Wz,pl =	19764	cm3
Računska otpornost na savijanje	Msc,Rds =	4222.3	kNm

Uslov 6.12: MsEd,zs <= Msc,Rd,zs (322.87 <= 4222.31)

6.2.6 Smicanje

Proračunska nosivost na smicanje	Vspl,Rd,zs =	6216.5	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vsc,Rd,zs =	6216.5	kN

Uslov 6.17: VsEd,zs <= Vsc,Rd,zs (134.90 <= 6216.49)

Proračunska nosivost na smicanje	Vsc,Rd,zs =	8436.7	kN

Uslov 6.17: VsEd,zs <= Vsc,Rd,zs (27.04 <= 8436.67)

Proračunska nosivost na smicanje	Vspl,Rd,ys =	5920.5	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vsc,Rd,ys =	5920.5	kN

Uslov 6.17: VsEd,ys <= Vsc,Rd,ys (5.53 <= 5920.47)

Proračunska nosivost na smicanje	Vspl,Rd,ys =	3736.3	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vsc,Rd,ys =	3736.3	kN

Uslov 6.17: VsEd,ys <= Vsc,Rd,ys (30.47 <= 3736.31)

6.2.10 Savijanje smicanje i aksijalna sila
Nije potrebna redukcija momenata otpornosti
Uslov: VsEd,zs <= 50%Vspl,Rd,zs ; VsEd,ys <= 50%Vspl,Rd,ys
6.2.9 Savijanje i aksijalna sila
Odnos NsEds / Nspl,Rds 0.603
Uslov 6.41: (0.01 <= 1)
6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE
6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent	C1 =	1.285	
Koeficijent	C2 =	1.562	
Koeficijent	C3 =	0.753	
Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja	k =	1.000	
Koef.efekt.dužine torzionog uvrtanja	kw =	1.000	
Koordinata	zg =	0.000	cm
Koordinata	zj =	0.000	cm
Razmak bočno pridržanih tačaka	L =	1036.7	cm
Sektorski momenat inercije	Iw =	0.000	cm6
Krit.mom.za bočno tor.izvijanje	Mcr =	3.69e+5	kNm
Odgovarajući otporni momenat	Wsys =	26244	cm3
Koeficijent imperf.	αLT =	0.760	
Bezdimenziona vitkost	λLT_ =	0.129	
Koeficijent redukcije	χLT =	1.000	
Računska otpornost na izvijanje	Msb,Rds =	5606.7	kNm

PROVERA OTPORNOSTI NA SMICANJE
(slučaj opterećenja 18, na 776.7 cm od početka štapa)

Računska normalna sila	NsEds =	11035	kN
Transverzalna sila u y pravcu	VsEd,ys =	253.60	kN
Transverzalna sila u z pravcu	VsEd,zs =	-448.35	kN
Momenat savijanja oko y ose	MsEd,ys =	-113.71	kNm
Momenat savijanja oko z ose	MsEd,zs =	58.878	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	1035.7	cm

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.6 Smicanje

Proračunska nosivost na smicanje	Vspl,Rd,zs =	6216.5	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vsc,Rd,zs =	6216.5	kN

Uslov 6.17: VsEd,zs <= Vsc,Rd,zs (448.35 <= 6216.49)

Proračunska nosivost na smicanje	Vspl,Rd,ys =	2437.5	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vsc,Rd,ys =	2437.5	kN

Uslov 6.17: VsEd,ys <= Vsc,Rd,ys (253.60 <= 2437.55)

5.3.2. Димензионисање ужади

Димензионисање ужади врпшимо према [12]:

Минимална сила кидања:

$$F_{min} = \frac{d^2 R_r K}{1000} [kN]$$

d- пречник узет у милиментрима

R_r- кавлитет челика

K- фактор кидања

Димензионисање према граничном стању носивости:

$F_{Ed} < F_{Rd}$

F_{Ed}- сила у ужету

F_{Rd}- допуштена сила у ужету

$$F_{Rd} = \frac{F_{uk}}{1.5\gamma_p}$$

$$F_{uk} = F_{min} k_e$$

k_e - фактор губитка сила на крајевима: $k_e = 1.0$

γ_p - фактор сигурности: $\gamma_p = 1.0$

Гранично стање употребљивости

$$\sigma_{uk} = \frac{F_{uk}}{A_m}$$

σ_{uk} - максимални напон у ужету

A_m - попречни пресјек ужета

$$f_{SLS} = \frac{\sigma_{uk}}{1.5\gamma_R \gamma_F}$$

f_{SLS} - допуштени напон за стање употребљивости

$\gamma_R \gamma_F = 1.0 * 1.48 = 1.48$

$f_{SLS} = 0.45 * \sigma_{uk}$

- Вриједности максималних сила за гранично стање носивости.

Максимална сила у косим ужадима: $F_{Ed} = 667.74\ kN$

Максимална сила у вертикалним ужадима: $F_{Ed} = 875.81\ kN$

Максимална сила у радијалним ужадима на горњем прстену: $F_{Ed} = 3067.21\ kN$

Максимална сила у радијалном ужету на средишњем прстену: $F_{Ed} = 361.50\ kN$

Максимална сила у ужету за преднапрезање: $F_{Ed} = 3120.00\ kN$

– Вриједности максималних сила за гранично стање употребљивости.

Максимална сила у косим ужадима: $F_{Ed} = 429.05\ kN$

Максимална сила у вертикалним ужадима: $F_{Ed} = 814.06\ kN$

Максимална сила у радијалним ужадима на горњем прстену: $F_{Ed} = 2893.36\ kN$

Максимална сила у радијалном ужету на средишњем прстену: $F_{Ed} = 164.08\ kN$

Максимална сила у ужету за преднапрезање: $F_{Ed} = 2400.00\ kN$

Димензије ужади:

– коса ужад (вриједности за једно уже)

$d = 35\ mm$ (тип ужета "Dywidag" 6805 (A=0.6"))

$\mathrm{A}_m = 700.00\ mm^2$

$F_{min} = 1240.00\ kN$

$F_{Rd} = 826.66\ kN$

$\sigma_{uk} = 1.77\ kN/mm^2$

$f_{SLS} = 0.797\ kN/mm^2$

$F_{Ed} = \frac{875.81}{2} = 437.91\ kM < 826.66\ kN$ГСН

$f_{Ed} = \frac{814.06/2}{700.00} = 0.582\ \frac{kN}{mm^2} < f_{SLS} = 0.797\ \frac{kN}{mm^2}$ ГСУ

– вертикална ужад(вриједности за једно уже)

$d = 35\ mm$ (тип ужета "Dywidag" 6805 (A=0.6"))

$\mathrm{A}_m = 700.00\ mm^2$

$F_{min} = 1240.00\ kN$

$F_{Rd} = 826.66\ kN$

$\sigma_{uk} = 1.77\ kN/mm^2$

$f_{SLS} = 0.797 kN/mm^2$

$F_{Ed} = \frac{667.74}{2} = 333.87\ kN < 826.66\ kN$ ГСН

$f_{Ed} = \frac{534.82/2}{700.00} = 0.382\ \frac{kN}{mm^2} < f_{SLS} = 0.797\ \frac{kN}{mm^2}$ ГСУ

– радијална ужад (тип ужета "Dywidag" 6827 (A=0.6"))

$d = 70\ mm$

$\mathrm{A}_m = 3780\ mm^2$

$F_{min} = 6696.00\ kN$

$F_{Rd} = 4464.00\ kN$

$\sigma_{uk} = 1.77\ kN/mm^2$

$f_{SLS} = 0.797\ kN/mm^2$

$F_{Ed} = 2893.36\ kN < F_{Rd} = 4464.00\ kN$ ГСН

$f_{Ed} = \frac{2893.36}{3780} = 0.765\,\frac{kN}{mm^2} < f_{SLS} = 0.797\,\frac{kN}{mm^2}$ ГСУ

– радијална ужад средњег прстена (вриједности за једно уже)

$d = 35\ mm$ (тип ужета "Dywidag" 6805 (A=0.6"))

$A_m = 700.00\ mm^2$

$F_{min} = 1240.00\ kN$

$F_{Rd} = 826.66\ kN$

$\sigma_{uk} = 1.77\ kN/mm^2$

$f_{SLS} = 0.797 kN/mm^2$

$F_{Ed} = 164.08\ kN$

$$f_{Ed} = \frac{164.08}{700.00} = 0.234\,\frac{kN}{mm^2} < f_{SLS} = 0.797\,\frac{kN}{mm^2}$$

– ужад за преднапрезање (тип ужета "Dywidag" 6822 (A=0.6"))

$d = 65\ mm$

$A_m = 3300\ mm^2$

$F_{min} = 5456.00\ kN$

$F_{Rd} = 3637.33\ kN$

$\sigma_{uk} = 1.77\ kN/mm^2$

$f_{SLS} = 0.797\ kN/mm^2$

$F_{Ed} = 3120.00\ kN < F_{Rd} = 3637.33\ kN$ ГСН

$f_{Ed} = \frac{2400}{3300} = 0.727\,\frac{kN}{mm^2} < f_{SLS} = 0.797\,\frac{kN}{mm^2}$ ГСУ

5.3.3. Димензионисање јарбола

Димензионисање јарбола врпшимо према [13]:

Бетон: C30/37 →$f_{cd} = \frac{30}{1.5} = 2.00\ kN/cm^2$

Челик: B500B → $f_{yd} = \frac{500}{1.15} = 43.4\ kN/cm^2$

Модул елеастичностчелика: $E_s = 200\ GPa$

- Фаза I (јарбол без плашта)

Вриједност нормалне силе: $N_{Ed} = 31\ 588.09\ kN$

Момент првог реда: $M_{Ed0} = 71\ 834.17\ kN$

Површина попречног пресјека: $A_c = 7.03\ m^2$

Момент инерције попречног пресјека: $I_C = 27.73\ m^4$

Ефективна дужина: $l_0 = 2 * 131 = 262\ m$

Виткост стуба:$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{262}{\sqrt{\frac{27.73}{7.03}}} = 132 < 140$

Релативна нормална сила: $n = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} = 0.224$

Гранична виткост:$\lambda_{lim} = \frac{20\ ABC}{\sqrt{n}} = 22.75 < \lambda$

Укупни прорачунски момент савијања:$M_{Ed} = M_{Ed0} + M_2 = N_{Ed} e_{tot}$

Укупни ексцентрицитет: $e_{tot} = \mathrm{e}_0 + \mathrm{e}_i + e_2$

Ексцентричност према теорији првог реда: $\mathrm{e}_0 = \frac{M_{Ed0}}{N_{Ed}} = \frac{71834.17}{31588.09} = 2.27\ m$

Додатна ексцентричност због геометријске несавршености:$e_i = \theta_i \frac{l_0}{2} = \frac{1}{100\sqrt{l}} \frac{262}{2} = 0.11\ m$

Ексцентрицитет према теорији другог реда: $e_2 = \frac{1}{r} \frac{l_0^2}{c}$

За константан пресјек: $c = 10$

Кривина: $\frac{1}{r} = K_r K_\varphi \frac{1}{r_0}$

Коефицијент који зависи од аксијалног оптерећења:$K_r = 1$

Коефицијент који узима у обзир течење:$K_\varphi = 1$

$$\frac{1}{r_0} = \frac{\varepsilon_{yd}}{0.45d} = \frac{f_{yd}/E_s}{0.45d} = \frac{434.78/200000}{0.45 * 560} = 8.62 * 10^{-6}$$

$$\frac{1}{r} = 8.62 * 10^{-6}$$

$$e_2 = \frac{1}{r} \frac{l_0^2}{c} = 8.62 * 10^{-6} \frac{26200^2}{10} = 5.92\ m$$

Укупни ексцентрицитет: $e_{tot} = \mathrm{e}_0 + \mathrm{e}_i + e_2 = 2.27 + 0.11 + 5.92 = 8.30\ m$

Укупни прорачунски момент савијања:$M_{Ed} = M_{Ed0} + M_2 = N_{Ed} e_{tot} = 262503.80\ kNm$

Бездимензиона вриједност нормалне силе: $n_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} = 0.224$

Бездимензиона вриједност момента савијања: $m_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{A_c r_a f_{cd}} = 0.622$

Вриједност механичког коефицијента армирања (интеракциони дијаграми): $\omega = 0.76$

Потребна површина арматуре за цијели пресјек: $A_{s,pot} = \omega A_c \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 2460.19\ cm^2$

Минимална површина арматуре: $A_{s,pot} = 0.01 A_c = 703.72\ cm^2$

Максимална површина арматуре: $A_{s,pot} = 0.4 A_c = 2814.87\ cm^2$

- Фаза II (јарбол са плаштом)

Вриједност нормалне силе: $N_{Ed} = 158242.97\ kN$

Момент првог реда: $M_{Ed0} = 1397.81\ kN$

Површина попречног пресјека: $A_c = 7.03\ m^2$

Момент инерције попречног пресјека: $I_C = 27.73\ m^4$

Ефективна дужина: $l_0 = 0.8 * 131 = 104.8\ m$

Виткост стуба:$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{104.8}{\sqrt{\frac{27.73}{7.03}}} = 52.80 < 140$

Релативна нормална сила: $n = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} = 1.12$

Гранична виткост:$\lambda_{lim} = \frac{20\ ABC}{\sqrt{n}} = 10.16 < \lambda$

Укупни прорачунски момент савијања:$M_{Ed} = M_{Ed0} + M_2 = N_{Ed} e_{tot}$

Укупни ексцентрицитет: $e_{tot} = \mathrm{e}_0 + \mathrm{e}_i + e_2$

Ексцентричност према теорији првог реда: $\mathrm{e}_0 = \frac{M_{Ed0}}{N_{Ed}} = \frac{1397.81}{158242.97} = 0.01\ m$

Додатна ексцентричност због геометријске несавршености:$e_i = \theta_i \frac{l_0}{2} = \frac{1}{100\sqrt{l}} \frac{104.8}{2} = 0.09\ m$

Ексцентрицитет према теорији другог реда: $e_2 = \frac{1}{r} \frac{l_0^2}{c}$

За константан пресјек: $c = 10$

Кривина: $\frac{1}{r} = K_r K_\varphi \frac{1}{r_0}$

Коефицијент који зависи од аксијалног оптерећења:$K_r = 1$

Коефицијент који узима у обзир течење:$K_\varphi = 1$

$$\frac{1}{r_0} = \frac{\varepsilon_{yd}}{0.45d} = \frac{f_{yd}/E_s}{0.45d} = \frac{434.78/200000}{0.45 * 560} = 8.62 * 10^{-6}$$

$\frac{1}{r} = 8.62 * 10^{-6}$

$e_2 = \frac{1}{r}\frac{l_0^2}{c} = 8.62 * 10^{-6}\frac{10480^2}{10} = 0.94\ m$

Укупни ексцентрицитет: $e_{tot} = \mathrm{e}_0 + \mathrm{e}_i + e_2 = 0.01 + 0.09 + 0.94 = 1.04\ m$

Укупни прорачунски момент савијања:$M_{Ed} = M_{Ed0} + M_2 = N_{Ed}e_{tot} = 165817.20\ kNm$

Бездимензиона вриједност нормалне силе: $n_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} = 1.124$

Бездимензиона вриједност момента савијања: $m_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{A_c r_a f_{cd}} = 0.4257$

Вриједност механичког коефицијента армирања (интеракциони дијаграми): $\omega = 0.75$

Потребна површина арматуре за цијели пресјек: $A_{s,pot} = \omega A_c \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 2427.82\ cm^2$

Минимална површина арматуре: $A_{s,pot} = 0.01A_c = 703.72\ cm^2$

Максимална површина арматуре: $A_{s,pot} = 0.4A_c = 2814.87\ cm^2$

Мјеродаван је случај са јарболом:$A_{s,pot} = \omega A_c \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 2460.19\ cm^2$

5.3.4. Димензионисање кратког елемента на врху јарбола

Димензионисање кратког елемента вршимо на 1m[1]:

Димензионисање кратког елемента врпшимо према [13]:

Бетон: C30/37 →$f_{cd} = \frac{30}{1.5} = 2.00\ kN/cm^2$

Челик: B500B → $f_{yd} = \frac{500}{1.15} = 43.4\ kN/cm^2$

Модул елеастичностчелика: $E_s = 200\ GPa$

Вриједност силе која дјелује на крати елемент (од преднапрезања): $V_{Ed} = 6157.16\ kN$

Висина кратког елемента:$h_c = 1.70m$

Ексцентрицитет на коме дјелује сила:$a_c = 0.35m$

Заштитни слој бетона: $a = 0.05\ cm$

Статичка висина:$d_c = h_c - a = 1.65$

Унутрашњи крак силе:$z = 0.8d_c = 1.32\ m$

Ширина притиснутог штапа:$c = 0.2d_c = 0.33\ m$

Ширина елемента:$b = 1.00\ m$

Угао нагиба према хоризонталној равни:$tg\alpha = \frac{z}{a_c} \rightarrow \alpha = 75.15°$

Момент савијања на тежишту затегнуте арматуре: $M_{Ed,s} = V_{Ed} * a_c = 2155.00\ kNm$

Потребна површина главне арматуре: $A_s = \frac{M_{Ed,s}}{z * f_{yd}} = 37.55\ cm^2$

Контрола носивости притиснутог штапа: $F_{Ed,c} = \frac{F_{Ed,s}}{cos\alpha} < f_{cd} * c * b$

$$F_{Ed,s} = \frac{M_{Ed,s}}{z} = 1632.58\ kN$$

$$F_{Ed,c} = \frac{F_{Ed,s}}{cos\alpha} = 6369.92\ kN < f_{cd} * c * b = 6600\ kN$$

Хоризонтална арматура: $A_{sw} = \frac{V_{Ed}}{f_{yd}*\mu} = 101.15\ cm^2$

$\mu = 1.4$ - коефицијент смичућег трења за монолитно изведене кратке елементе.

5.3.5. Сила преднапрезања

Преднапрезање се врши системом "Dywidag" преко 40 ужади која се налазе на једнаким растојањима распоређеним по обиму кратког елемента на врху јарбола. Анализом је утрвђено да је потребна сила преднапрезања на врху јарбола једнака $P = 40 * 2400 = 96000\ kN$.

Претпостављени тренутни губици су 20% укупне вриједности силе. Претпостаљни временски губици су 10% вриједности силе. Потребно је вршити контролу силе преднапрезања за вријеме генералног ремонта електране, тј. сваких 5 година и вршити дотезање ужади ако се установи пад силе преднапрезања.

5.4. Предмјер и предрачун радова

5.4.1. Конвенционално рјешењеса плаштом од армираног бетона

Земљани радови			
Рб.	Опис позиције	Јед. мјере	Количина
1	Ископ земље у широком откопу машинским путемса одвожењем вишка земље на оближну депонију удаљености до 1 km.	m^3	15461.12
2	Насипање и набијање шљунка крупноће зрна до 15 mm испод цијелог објектра у слоју дебљине до 10 cm. Слој мора бити изнивелисан са тачношћу до ±2 cm.	m^3	576.33
3	Засипање темељне јаме око зидова базена материјалом из ископа.	m^3	612.92
Бетонски радови			
1	Израда слоја подложног бетона дебљине 10 cm, преко подлоге од набијеног шљунка.	m^3	576.33
2	Бетонирање армиранобетонске плоче базена бетоном МБ30. Приликом бетонирања оставити предвиђене отворе за анкере за уградњу других конструкција, а у дилатационе фуге уградити дилатационе траке, у свему према пројекту и детаљима.	m^3	2634.38
3	Бетонирање армиранобетонских зидова базена бетоном МБ30, све према пројекту и детаљима.	m^3	224.65
4	Бетонирање стопа стубова бетоном МБ30. Предвидјети анкере за везу са стубовима, у свему према пројекту и датаљима арматуре.	m^3	687.84
5	Израда префабрикованих косих стубова плашта, бетоном МБ30.	m^3	161.28
6	Бетонирање прстенастог армиранобетонског серклажа висине 1.00 m, изнад косих стубова омотача.	m^3	146.32

7	Бетонирање армиранобетонског плашта, бетоном МБ30 у оплати.	m^3	3812.28
Тесарски радови.			
1	Оплата за бетонирање плашта се обрачунава прма стварној двостраној површини.	m^2	32338.28
Армирачки радови			
1	Набавка, сјечење, савијање и уградња арматуре према пројектној документацији.	t	902.76

5.4.2. Рјешење са плаштом од мреже преднапрегнутих ужади

Земљани радови			
Рб.	Опис позиције	Јед. мјере	Количина
1	Ископ земље у широком откопу машинским путемса одвожењем вишка земље на оближну депонију удаљености до 1 km.	m^3	12613.5
2	Насипање и набијање шљунка крупноће зрна до 15 mm испод цијелог објектра у слоју дебљине до 10 cm. Слој мора бити изнивелисан са тачношћу до ±2 cm.	m^3	504.54
3	Засипање темељне јаме око зидова базена материјалом из ископа.	m^3	480.25
Бетонски радови			
1	Израда слоја подложног бетона дебљине 10 cm, преко подлоге од набијеног шљунка.	m^3	504.54
2	Бетонирање армиранобетонске плоче базена бетоном С25/30. Приликом бетонирања оставити предвиђене отворе за анкере за уградњу других конструкција.	m^3	3199.74
3	Бетонирање армиранобетонских зидова базена бетоном С25/30, све према пројекту и детаљима.	m^3	188.04
4	Бетонирање армиранобетонског јарбола бетоном С30/37,све према пројектуи детаљима.	m^3	930.07

5	Бетонирање армиранобетонског кратког елемента и плоче на врху јарбола бетоном C30/37, све према пројекту и детаљима.	m^3	75.70
Тесарски радови.			
1	Оплата за бетонирање плашта се обрачунава прма стварној двостраној површини.	m^2	5768.21
Армирачи радови			
1	Набавка, сјечење, савијање и уградња арматуре према пројектној документацији.	t	701.62
Браварски радови			
1	Набавка и уградња мреже састављене од три слоја ужади типа "Dywidag" 6805 (A=0.6"), према пројектованој геометрији, са свим потребним везама на крајевима и на укрштању ужади. Прије уградње потребно је извршити наношење антикорозивне заштите.	t	471.53
2	Набавка и уградња ужади типа ""Dywidag" 6827 (A=0.6") намијењене за везевиње прирубног и притиснутог прстена на врху расхладног торња, а све према пројектованој геометрији, са свим потребним везама на крајевима ужади. Прије уградње потребно је извршити наношење антикорозивне заштите.	t	24.95
3	Набавка и уградња ужади типа ""Dywidag" 6805 (A=0.6"), намијењених за везивање спољашњег и унутрашњег средишњег везног прстена, а све према пројектованој геометрији, са свим потребним везама на крајевима ужади. Прије уградње потребно је извршити наношење антикорозивне заштите.	t	3.08

4	Набавка и уградња ужади типа ""Dywidag" 6822 (A=0.6") намијењених за дизање мреже и уношење силе преднапрезања, а све према пројектованој геометрији, са свим потребним везама на крајевима ужади. Прије уградње потребно је извршити наношење антикорозивне заштите.	t	2.90
5	Израда и монтажа притиснутог челичног прстена кутијастог попречног пресјека од челика S235, димензије прстена су 80x120 cm, са дебљином стијенке d=30 mm. Прије уградње потребно је извршити наношење антикорозивне заштите.	t	115.28
6	Израда и монтажа прирубног челичног прстена кутијастог попречног пресјека од челика S235, димензије прстена су 60x90 cm, са дебљином стијенке d=30 mm. Прије уградње потребно је извршити наношење антикорозивне заштите.	t	14.28
7	Израда и монтажа средишњег везног челичног прстена кутијастог попречног пресјека од челика S235, димензије прстена су 40x40 cm, са дебљином стијенке d=10 mm. Прије уградње потребно је извршити наношење антикорозивне заштите.	t	28.46
8	Израда и монтажа везних греда од челика S235, греде израђене од профила 2xHOP C200x100x5 mm. Прије уградње потребно је извршити наношење антикорозивне заштите.	t	233.03
9	Израда и монтажа облоге од трапезастог лима LTP115. Прије уградње потребно је извршити наношење антикорозивне заштите.	m^2	16105.85

6. Закључак

На основу свега наведеног можемо закључити да се расхладним торњем чији је плашт састављен од мреже преднапрегнутих ужади постижу значајне уштеде у количинама бетона, арматуре и времена изградње објекта, такође постиже се значајна уштеда у утрошку оплате и ангажовања радне снаге. Расхладни торањ са плаштом од мреже преднапрегнутих ужади изискује велики утрошак челика за прстенове и везне греде, такође изискује велики утрошак високовриједног челика за преднапрезање, ангажовање скупоцјене опреме и високу стручност и обученост радника.

Литература

[1] З. Брујић, "Бетонске конструкције", радна верзија, мај 2016, http://betonske-konstrukcije.blogspot.ba

[2] V.N Baikov, "Železobetonnjie konstrukcii", Stroiizdat, Moskva, 1974.

[3]Službeni list SFRJ [1995]: Zbirka jugoslovenskih pravilnika i standarda za građevinske konstrukcije,Knjiga 1: Dejstva na konstrukcije, Građevinski fakultet univerziteta u Beogradu, Beograd

[4]Schlaich, Jörg / Mayr, Günter, " Membrane-skin and cable-net cooling towers", 1976.

[5]Alan Holgate, "The art of structural engineering: the work of Jörg Schlaich and his team", Stuttgart, 1997.

[6]Leonhardt, Fritz," The cable-net cooling tower at Schmehausen",1976.

[7]JUS U.C7.110: "Opterećenje vjetrom. Osnovni principi i osrednjeni aerodinamički pritisak vjetra".

[8] А. Бојовић, "Прорачун оптерећена вјетром грађевинских конструкција", Грађевинска књига, Београд, 1993.

[9]JUS U.C7.113: "Opterećenje vjetrom. Opterećenje vjetrom ostalih građevinskih konstrukcija osim zgrada"

[10]JUS U.H2.110: "Čelične konstrukcije za nošenje antena. Proračun, konstruisanje i izvođenje.

[11] EN 1990:2002 Еврkод 0, Основе прорачуна конструкција, Београд, фебруар 2006.

[12] EN 1993-1-11 (2006) (English): Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-11: Design of structures with tension components [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]

[13] EN 1992-1-1: 2004 Еврокод 2, Прорачун бетонских конструкција, Део 1-1: Општа правила за зграде, Београд, фебруар 2006.

Графички прилози

Цртеж 1

Цртеж 2

Цртеж 3

Цртеж 4

Цртеж 5

Цртеж 6

Цртеж 7

Цртеж 8

Цртеж 9

О аутору

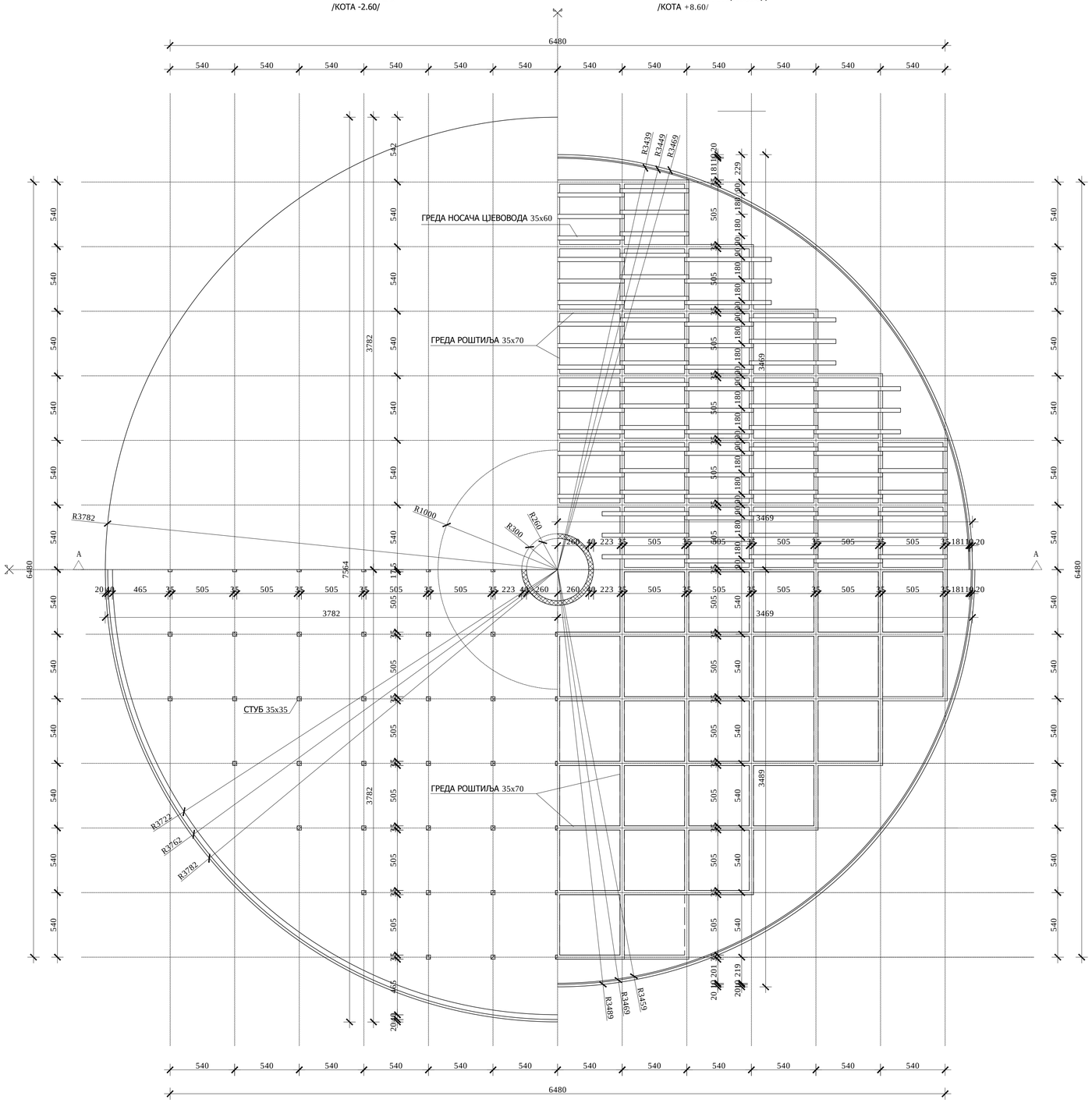
Рођен је у Добоју од оца Златка и мајке Живане. Основну и Техничку школу завршава у Добоју те 2010. уписује Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци. Диплому грађевинског инжењера стекао је 2014. године, и бива проглашен за најбољег студента студијског програма Грађевинарство.

У периоду од 2014. до 2016 ангажован је на изградњи ТЕ "Станари" гдје стиче велико искуство из области грађевинарства. По завршетку изградње ТЕ "Станари" започиње рад на изградњи "Нове котловнице за производњу паре" у Рафинерији нафте Брод.

Мастер студије уписује 2016. године на Архитектонско-грађевинско-геодетском факултету Универзитета у Бањој Луци.

ОСНОВА ТЕМЕЉА
/КОТА -2.60/

ОСНОВА НОСАЧА ЦЈЕВОВОДА
/КОТА +8.60/



ОСНОВА БАЗЕНА
/КОТА +0.00/

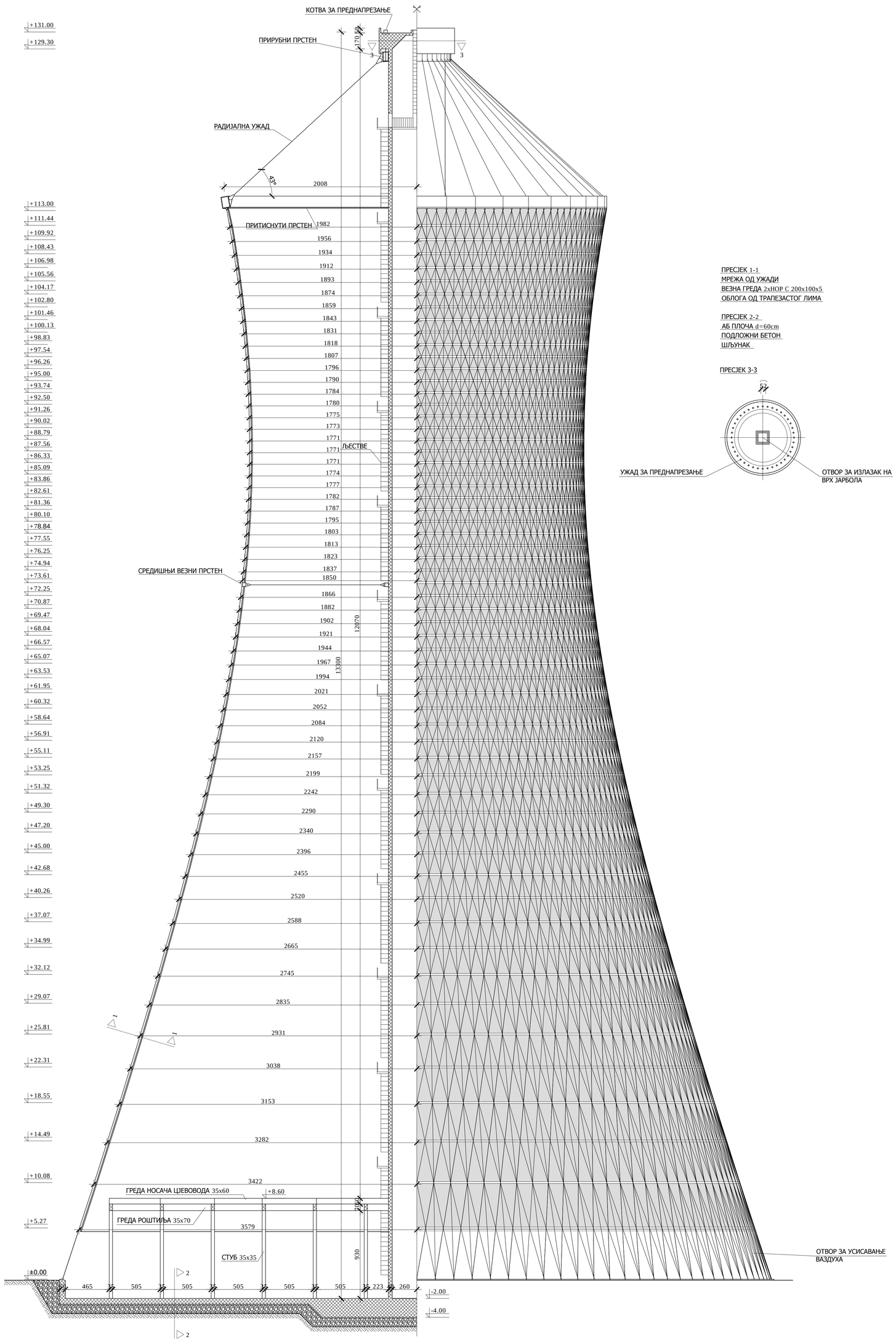
ОСНОВА РОШТИЉА
/КОТА +8.00/

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
АРХИТЕКТОНСКО - ГРАЂЕВИНСКО - ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ

МАСТЕР РАД	ОБЈЕКАТ: РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ СНАГЕ 300 M W
ФАЗА: ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ	ЦРТЕЖ: ОСНОВА ТЕМЕЉА, ОСНОВА БАЗЕНА, ОСНОВА РОШТИЉА, ОСНОВА НОСАЧА ЦЈЕВОВОДА
ПРЕДМЕТ: БКИО	
МЕНТОР: ПРОФ. ДР МАТО УЉАРЕВИЋ	РАЗМЈЕРА: R 1:200
КАНДИДАТ: БОЈАН ЗЕЛЕНКОВИЋ 02МГР/2016	БРОЈ ЦРТЕЖА: 1

ПОДУЖНИ ПРЕСЈЕК ТОРЊА

ИЗГЛЕД ТОРЊА



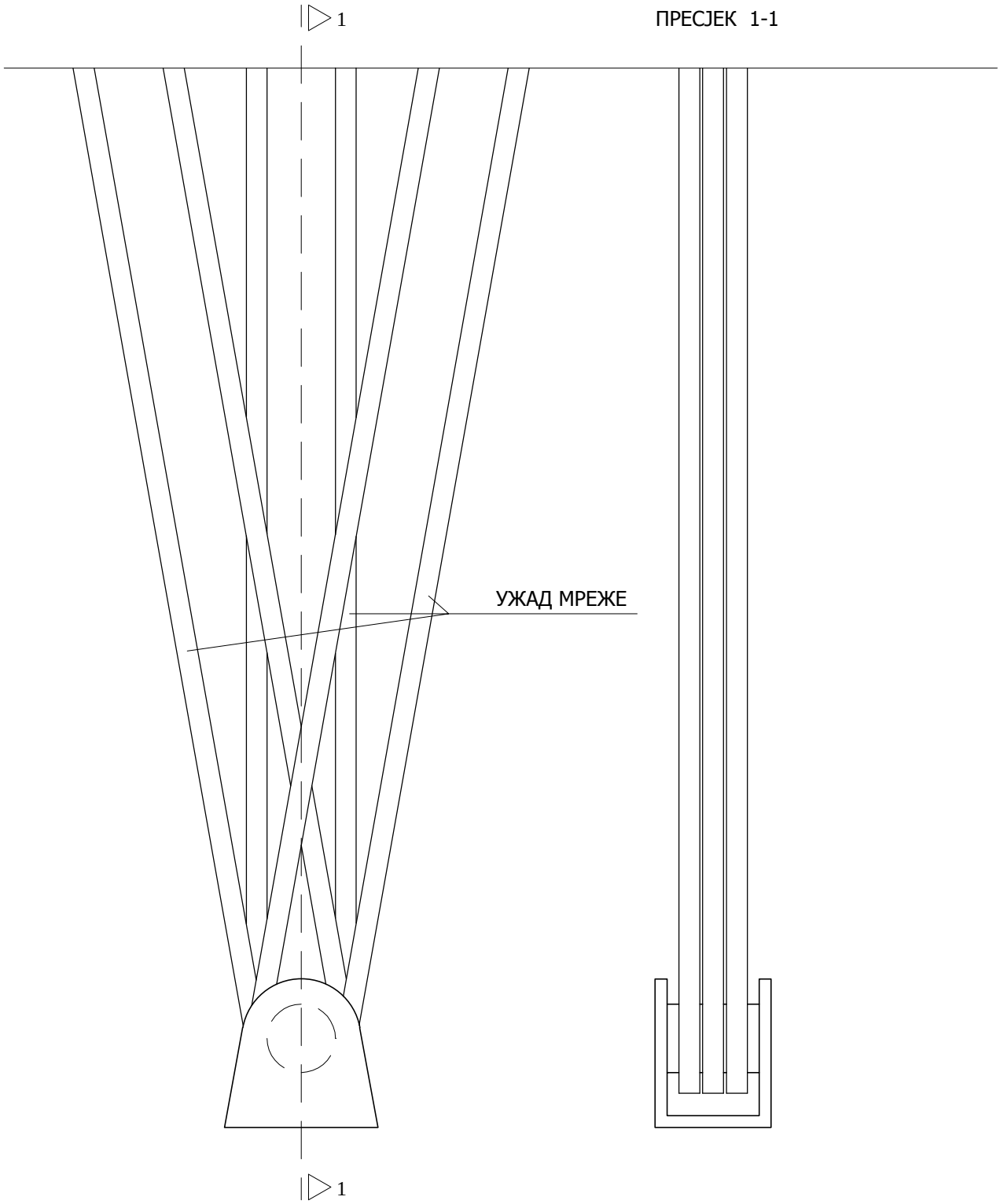
ПРЕСЈЕК 1-1
МРЕЖА ОД УЖАДИ
ВЕЗНА ГРЕДА 2xHOP C 200x100x5
ОБЛОГА ОД ТРАПЕЗАСТОГ ЛИМА

ПРЕСЈЕК 2-2
АБ ПЛОЧА d=60cm
ПОДЛОЖНИ БЕТОН
ШЉУНАК

ПРЕСЈЕК 3-3

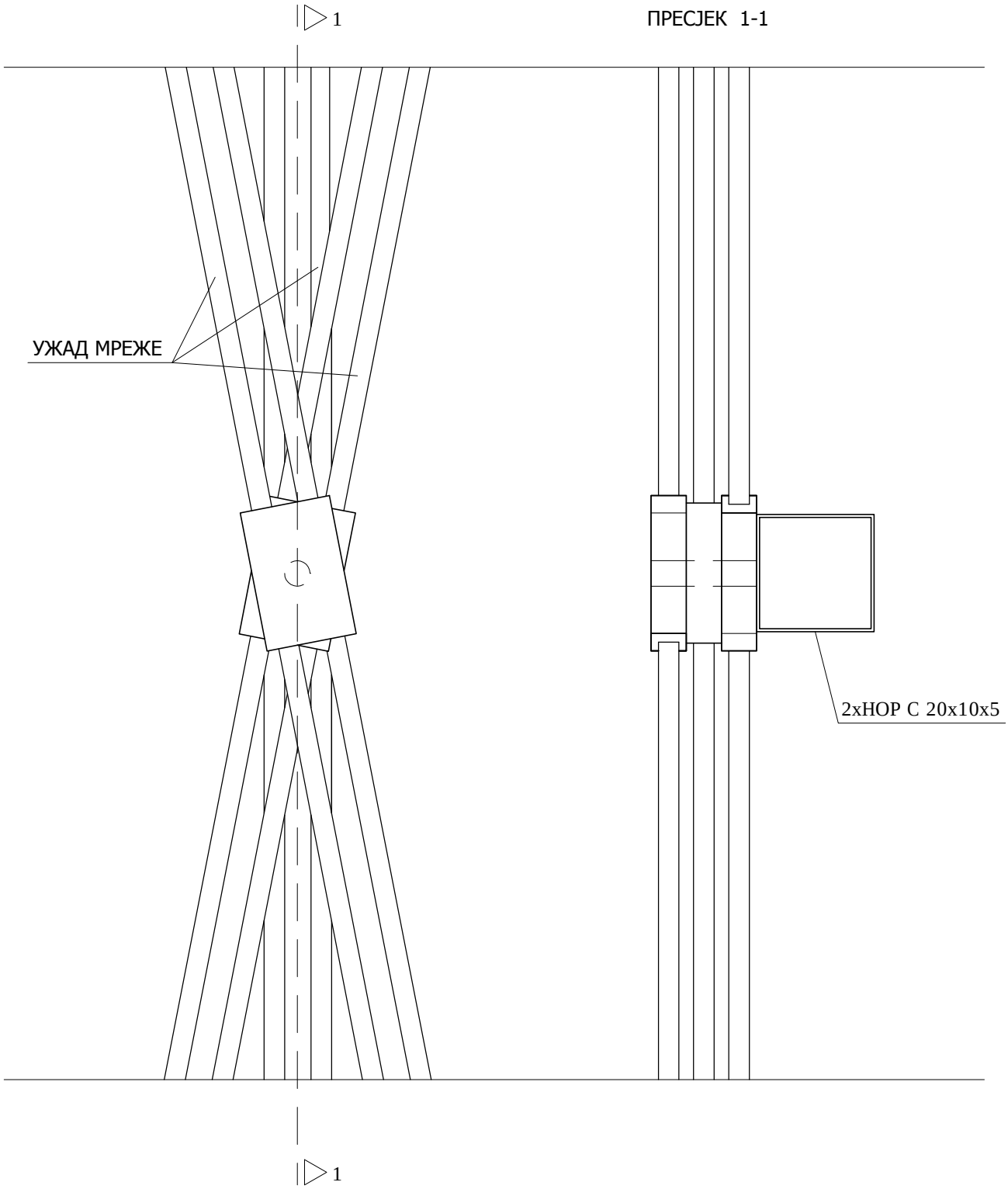
УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
АРХИТЕКТОНСКО - ГРАЂЕВИНСКО - ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ

МАСТЕР РАД	ОБЈЕКАТ: РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ СНАГЕ 300 M W
ФАЗА: ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ	ЦРТЕЖ: ПОПРЕЧНИ ПРЕСЈЕК ТОРЊА A-A, ИЗГЛЕД ТОРЊА
ПРЕДМЕТ: БКИО	
МЕНТОР: ПРОФ. ДР МАТО УЉАРЕВИЋ	РАЗМЈЕРА: R 1:200
КАНДИДАТ: БОЈАН ЗЕЛЕНКОВИЋ 02МГР/2016	БРОЈ ЦРТЕЖА: 2



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
АРХИТЕКТОНСКО - ГРАЂЕВИНСКО - ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ

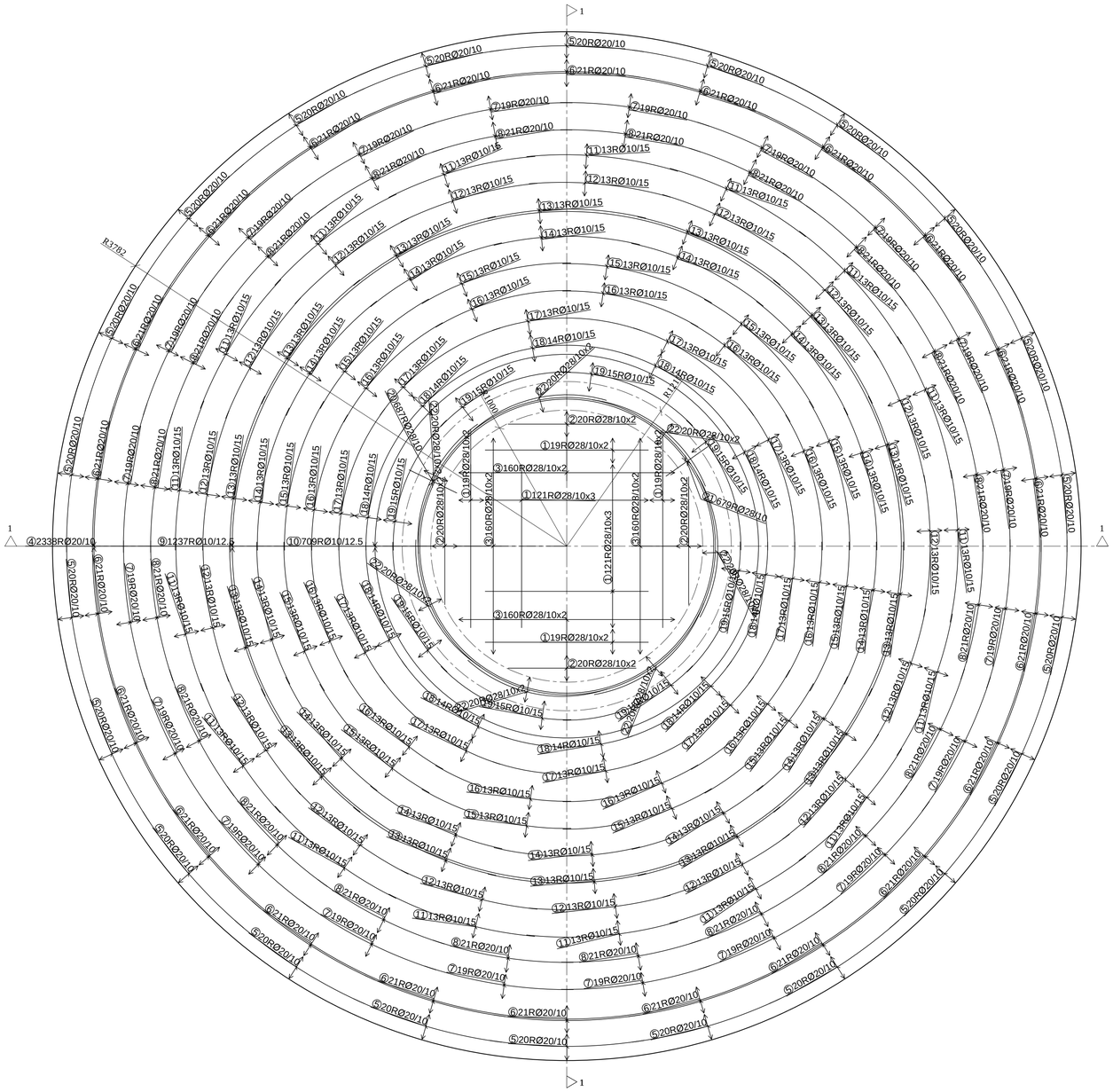
МАСТЕР РАД	ОБЈЕКАТ: РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ СНАГЕ 300 M W
ФАЗА: ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ	ЦРТЕЖ: ДЕТАЉ ВЕЗЕ КРАЈЕВА УЖАДИ
ПРЕДМЕТ: БКИО	
МЕНТОР: ПРОФ. ДР МАТО УЉАРЕВИЋ	РАЗМЈЕРА: R 1:10
КАНДИДАТ: БОЈАН ЗЕЛЕНКОВИЋ 02МГР/2016	БРОЈ ЦРТЕЖА: 3



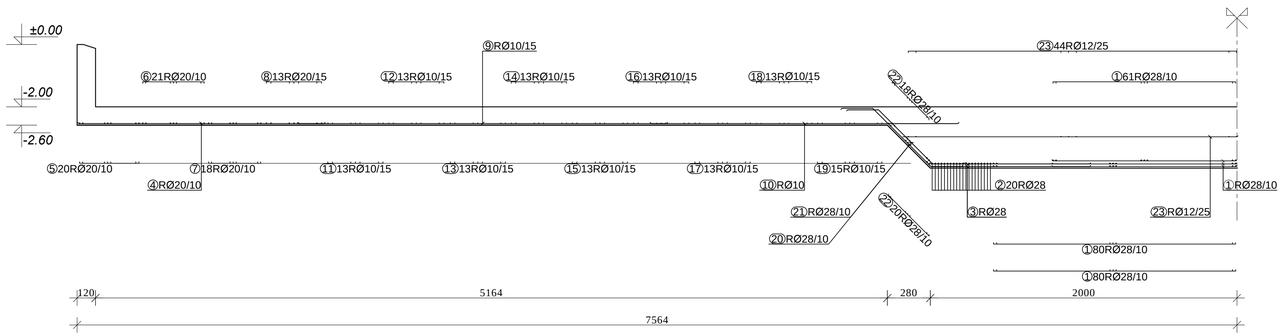
УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
АРХИТЕКТОНСКО - ГРАЂЕВИНСКО - ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ

МАСТЕР РАД	ОБЈЕКАТ: РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ СНАГЕ 300 M W
ФАЗА: ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ	ЦРТЕЖ: ДЕТАЉ ВЕЗЕ УКРШТАЊА УЖАДИ
ПРЕДМЕТ: БКИО	
МЕНТОР: ПРОФ. ДР МАТО УЉАРЕВИЋ	РАЗМЈЕРА: R 1:10
КАНДИДАТ: БОЈАН ЗЕЛЕНКОВИЋ 02МГР/2016	БРОЈ ЦРТЕЖА: 4

ПЛАН АРМИРАЊА ТЕМЕЉНЕ ПЛОЧЕ - ДОЊА ЗОНА R 1:200



ПРЕСЈЕК 1 - 1 R 1:100



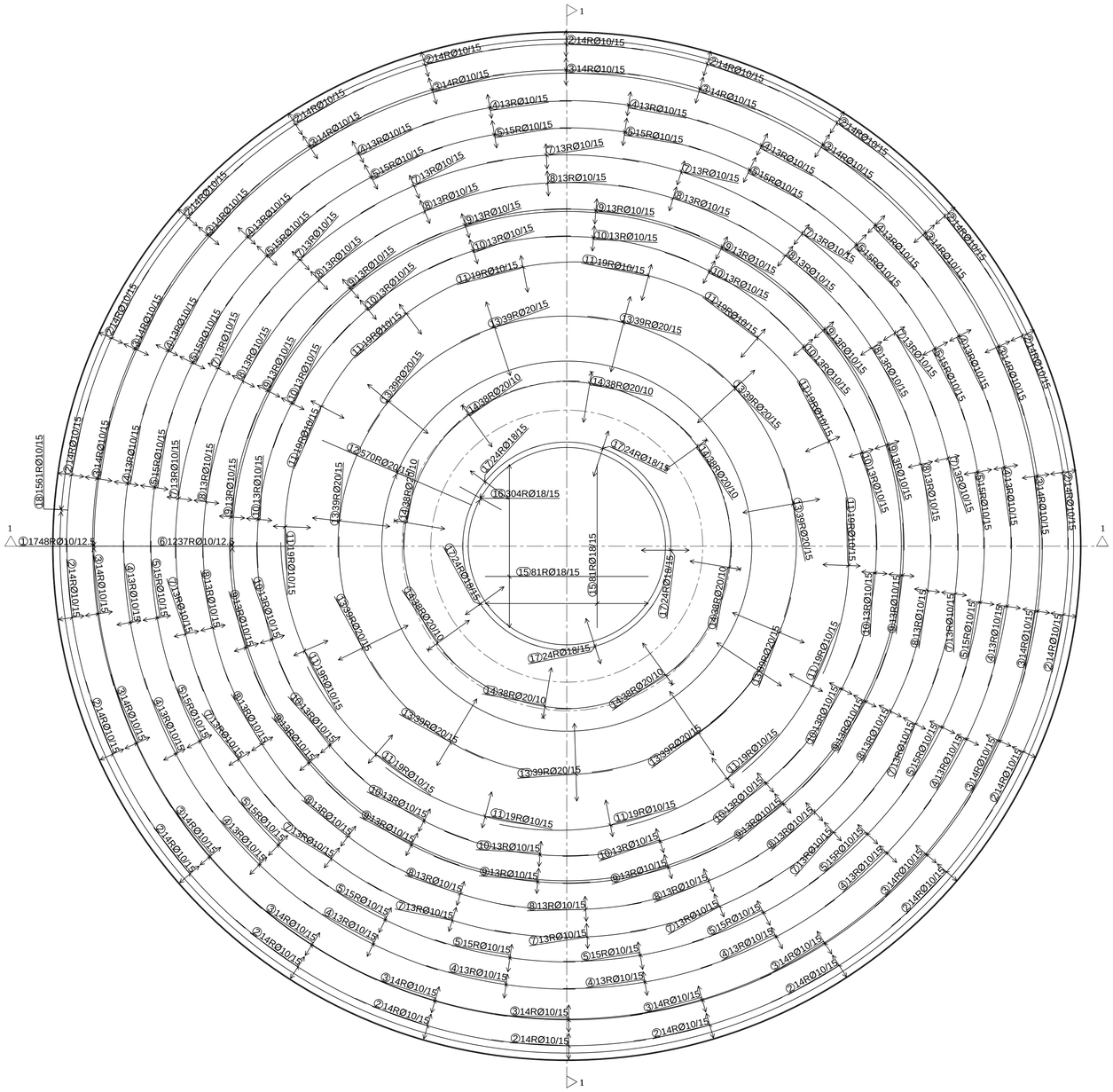
Шипке - спецификација						
озн.	облик и мере [cm]	Ø	lg [m]	n [ком.]	g [kg/m]	Gn kg
Темељна плоча - доња зона (1 ком.)						
1	1200	28	12.00	802	4.96	47697
2	a	28	*8.09	8 x 20	4.96	6416
3	a	28	*3.94	8 x 160	4.96	25007
4	800	20	8.00	2338	2.48	46292
5	1138; f=44; s=1133	20	11.38	440	2.48	12393
6	1082; f=42; s=1077	20	10.82	462	2.48	12372
7	1112; f=47; s=1107	20	11.12	380	2.48	10458
8	1047; f=44; s=1042	20	10.47	420	2.48	10884
9	1200	10	12.00	1237	0.65	9634
10	1000	10	10.00	709	0.65	4601
11	1123; f=55; s=1116	10	11.23	221	0.65	1611
12	1048; f=47; s=1043	10	10.48	221	0.65	1503
13	1172; f=69; s=1161	10	11.72	182	0.65	1384
14	1082; f=64; s=1072	10	10.82	182	0.65	1278
15	1148; f=79; s=1133	10	11.48	156	0.65	1162
16	1043; f=72; s=1029	10	10.43	156	0.65	1056
17	1114; f=92; s=1093	10	11.14	130	0.65	940
18	988; f=82; s=970	10	9.88	140	0.65	898
19	1063; f=109; s=1033	10	10.63	120	0.65	828
20	100 190 269 190 100	28	4.69	687	4.96	15968
21	100 176 249 176 100	28	4.49	679	4.96	15109
22	1096; f=141; s=1045	28	10.96	140	4.96	7604
23	1200	12	12.00	174	0.92	1921
24	1060	12	10.60	174	0.92	1697

Шипке - рекапитулација			
Ø [mm]	lgn [m]	Јединична тежина [kg/m']	Тежина [kg]
B500B			
10	38359.15	0.65	24895.09
12	3932.40	0.92	3617.81
20	37333.04	2.48	92399.27
28	23769.63	4.96	117802.28
Укупно			238714.45

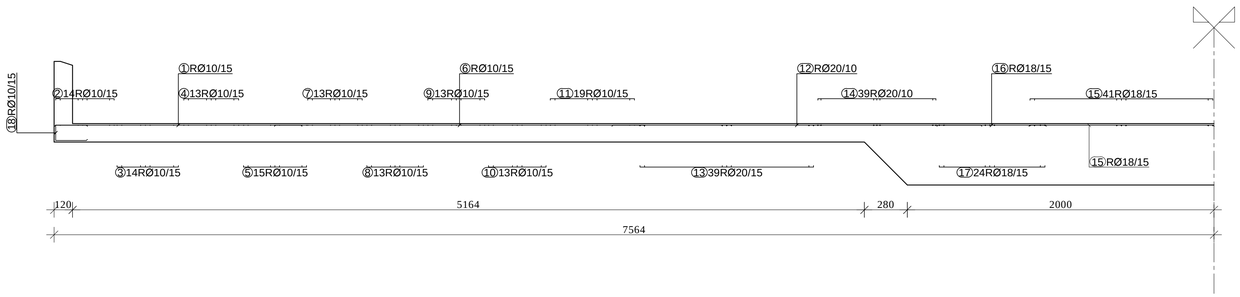
УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
АРХИТЕКТОНСКО - ГРАЂЕВИНСКО - ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ

МАСТЕР РАД	ОБЈЕКАТ: РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ СНАГЕ 300 M W
ФАЗА: ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ	ЦРТЕЖ: ПЛАН АРМАТУРЕ ТЕМЕЉНЕ ПЛОЧЕ - ДОЊА ЗОНА
ПРЕДМЕТ: БКИО	
МЕНТОР: ПРОФ. ДР МАТО УЉАРЕВИЋ	РАЗМЈЕРА: R 1:200 , R 1:100
КАНДИДАТ: БОЈАН ЗЕЛЕНКОВИЋ 02МГР/2016	БРОЈ ЦРТЕЖА: 5

ПЛАН АРМИРАЊА ТЕМЕЉНЕ ПЛОЧЕ - ГОРЊА ЗОНА R 1:200



ПРЕСЈЕК 1 - 1 R 1:100



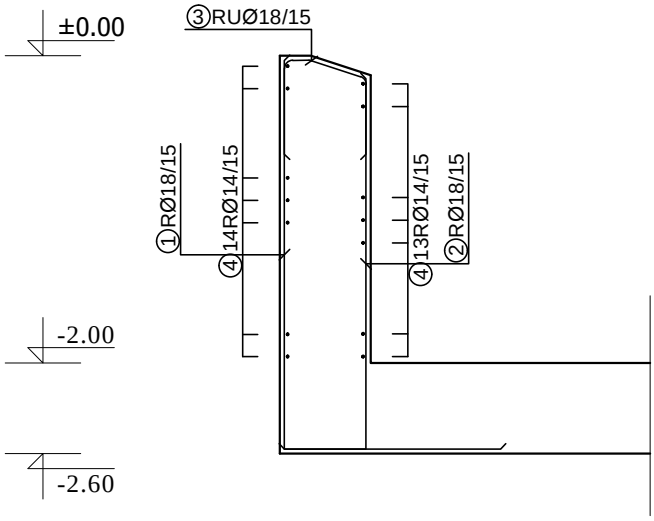
Шипке - спецификација						
озн.	облик и мере [cm]	Ø	lg [m]	n [ком.]	g [kg/m]	Gn kg
Темељна плоча - горња зона (1 ком.)						
1	800	10	8.00	1748	0.65	9076
2	1138 f=44 s=1133	10	11.38	308	0.65	2275
3	1082 f=42 s=1077	10	10.82	308	0.65	2163
4	1112 f=47 s=1107	10	11.12	260	0.65	1876
5	1047 f=44 s=1042	10	10.47	300	0.65	2039
6	1200	10	12.00	1237	0.65	9634
7	1123 f=55 s=1116	10	11.23	234	0.65	1705
8	1048 f=47 s=1043	10	10.48	234	0.65	1592
9	1172 f=69 s=1161	10	11.72	208	0.65	1582
10	1082 f=64 s=1072	10	10.82	208	0.65	1461
11	1148 f=79 s=1133	10	11.48	266	0.65	1982
12	1200	20	12.00	570	2.48	16929
13	1114 f=92 s=1093	20	11.14	468	2.48	12903
14	1063 f=109 s=1033	20	10.63	304	2.48	7998
15	1200	18	12.00	162	2.05	3985
16	350	18	3.50	304	2.05	2181
17	1021 f=164 s=947	18	10.21	120	2.05	2512
18	50 100 100	10	2.50	1561	0.65	2533

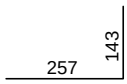
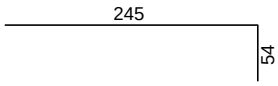
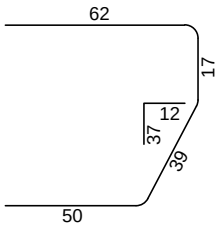
Шипке - рекапитулација			
Ø [mm]	lgn [m]	Јединична тежина [kg/m³]	Тежина [kg]
B500B			
10	58422.44	0.65	37916.16
18	4233.20	2.05	8678.06
20	15285.04	2.48	37830.47
Укупно			84424.70

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
АРХИТЕКТОНСКО - ГРАЂЕВИНСКО - ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ

МАСТЕР РАД	ОБЈЕКАТ: РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ СНАГЕ 300 M W
ФАЗА: ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ	ЦРТЕЖ: ПЛАН АРМАТУРЕ ТЕМЕЉНЕ ПЛОЧЕ - ГОРЊА ЗОНА
ПРЕДМЕТ: БКИО	
МЕНТОР: ПРОФ. ДР МАТО УЉАРЕВИЋ	РАЗМЈЕРА: R 1:200 , R 1:100
КАНДИДАТ: БОЈАН ЗЕЛЕНКОВИЋ 02МГР/2016	БРОЈ ЦРТЕЖА: 6

ПЛАН АРМИРАЊА ЗИДА БАЗЕНА



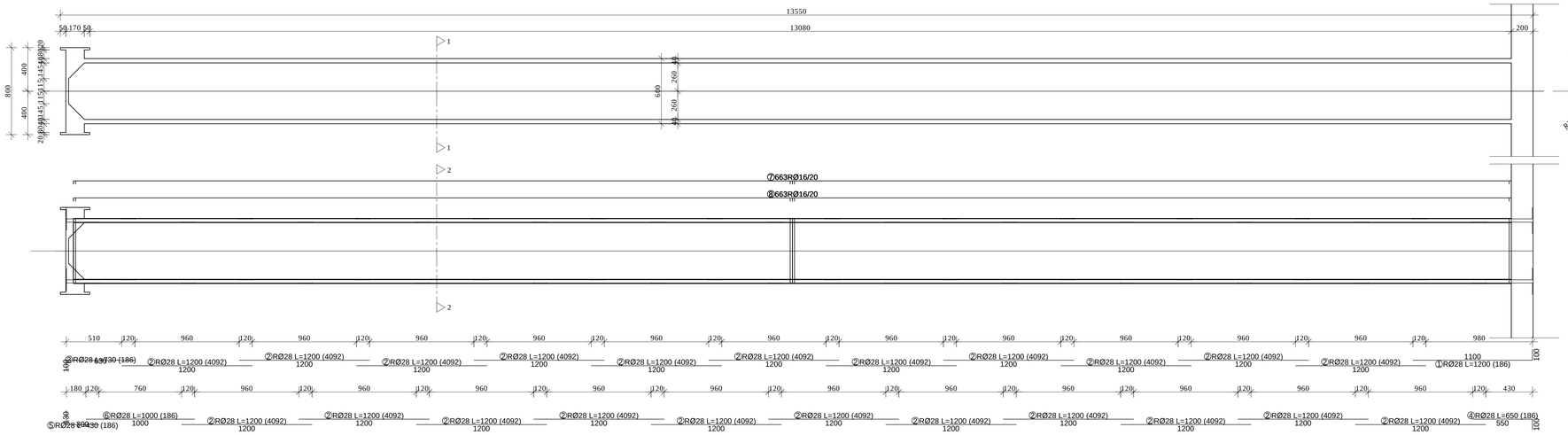
Шипке - спецификација						
озн.	облик и мере [cm]	Ø	lg [m]	n [ком.]	g [kg/m]	Gn kg
Зид базена (1 ком.)						
1		18	4.00	1585	2.05	12997
2		18	2.99	1585	2.05	9715
3		18	1.68	1585	2.05	5459
4	1200	14	12.00	540	1.25	8113
5	1020	14	10.20	27	1.25	345

Шипке - рекапитулација			
Ø [mm]	lgn [m]	Јединична тежина [kg/m']	Тежина [kg]
B500B			
14	6755.40	1.25	8457.76
18	13741.95	2.05	28171.00
Укупно			36628.76

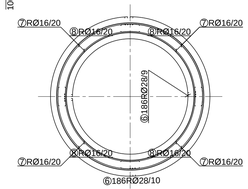
УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
АРХИТЕКТОНСКО - ГРАЂЕВИНСКО - ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ

МАСТЕР РАД	ОБЈЕКАТ: РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ СНАГЕ 300 M W
ФАЗА: ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ	ЦРТЕЖ: ДЕТАЉ АРМИРАЊА ЗИДА БАЗЕНА
ПРЕДМЕТ: БКИО	
МЕНТОР: ПРОФ. ДР МАТО УЉАРЕВИЋ	РАЗМЈЕРА: R 1:50
КАНДИДАТ: БОЈАН ЗЕЛЕНКОВИЋ 02МГР/2016	БРОЈ ЦРТЕЖА: 7

ПЛАН АРМАТУРЕ ЈАРБОЛА R 1:200



ПРЕСЈЕК 2 - 2 R 1:100



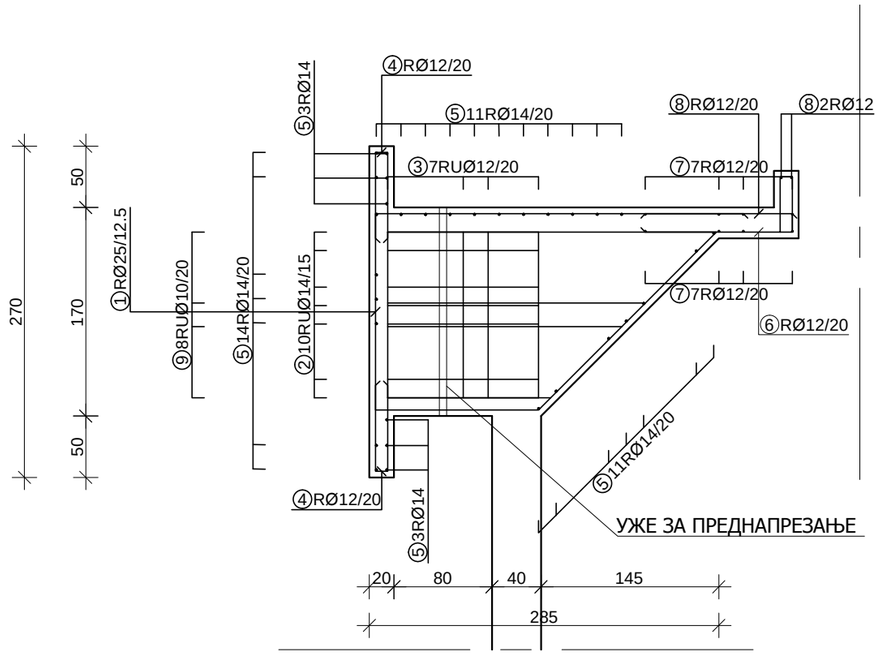
Шипке - спецификација																		
озн.	облик и мере [cm]	Ø	lg [m]	n [ком.]	g [kg/m]	Gn kg												
Јарбол (1 ком.)																		
1	1100 / 100	28	12.00	186	4.96	11062	3	630 / 100	28	7.30	186	4.96	6729	6	1000	28	10.00	186	4.96	9218
2	1200	28	12.00	4092	4.96	243359	4	550 / 100	28	6.50	186	4.96	5992	7	534 / f=113 / s=464	16	5.34	2652	1.62	22956
							5	130 / 300	28	4.30	186	4.96	3964	8	486 / f=104 / s=421	16	4.86	2652	1.62	20893

Шипке - рекапитулација			
Ø [mm]	lgn [m]	Јединична тежина [kg/m']	Тежина [kg]
B500B			
16	27050.40	1.62	43848.70
28	56934.60	4.96	282167.88
Укупно			324172.94

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
АРХИТЕКТОНСКО - ГРАЂЕВИНСКО - ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ

МАСТЕР РАД	ОБЈЕКАТ: РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ СНАГЕ 300 M W
ФАЗА: ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ	ЦРТЕЖ: ПЛАН АРМАТУРЕ ЈАРБОЛА
ПРЕДМЕТ: БКИО	
МЕНТОР: ПРОФ. ДР МАТО УЉАРЕВИЋ	РАЗМЈЕРА: R 1:200 , R 1:100
КАНДИДАТ: БОЈАН ЗЕЛЕНКОВИЋ 02МГР/2016	БРОЈ ЦРТЕЖА: 8

ПЛАН АРМИРАЊА КРАТКОГ ЕЛЕМЕНТА И ПЛОЧЕ НА ВРХУ ЈАРБОЛА



Шипке - спецификација						
озн.	облик и мере [cm]	Ø	lg [m]	n [ком.]	g [kg/m]	Gn kg
Кратки елемент на врху јарбола (1 ком.)						
1	300; 160; 205; 145; 133; 145	25	7.98	171	3.95	5391
2	130; 130; 15; 20; 20	14	3.30	680	1.25	2809
3	140; 140; 30; 30; 13	12	3.66	7	0.92	24
4	70; 70; 10	12	1.50	242	0.92	334
5	681; f=138; s=599	14	6.81	168	1.25	1432
6	10; 45; 45; 120	12	2.20	32	0.92	65
7	350	12	3.50	56	0.92	180
8	120	12	1.20	40	0.92	44
9	a; 20; 20; a	10	*4.63	68 x 8	0.65	1634

Шипке - рекапитулација			
Ø [mm]	lgn [m]	Јединична тежина [kg/m']	Тежина [kg]
B500B			
10	2517.95	0.65	1634.15
12	703.02	0.92	646.78
14	3388.08	1.25	4241.88
25	1364.58	3.95	5391.46
Укупно			11914.26

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
АРХИТЕКТОНСКО - ГРАЂЕВИНСКО - ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ

МАСТЕР РАД	ОБЈЕКАТ: РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ СНАГЕ 300 M W
ФАЗА: ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ	ЦРТЕЖ: ПЛАН АРМИРАЊА КРАТКОГ ЕЛЕМЕНТА И ПЛОЧЕНА ВРХУ ЈАРБОЛА
ПРЕДМЕТ: БКИО	
МЕНТОР: ПРОФ. ДР МАТО УЉАРЕВИЋ	РАЗМЈЕРА: R 1:50
КАНДИДАТ: БОЈАН ЗЕЛЕНКОВИЋ 02МГР/2016	БРОЈ ЦРТЕЖА: 9

Прилог 2.

УНИВЕРЗИТЕТУ У БАЊОЈ ЛУЦИ
ПОДАЦИ О АУТОРУ ОДБРАЊЕНОГ МАСТЕР/МАГИСТАРСКОГ РАДА

Име и презиме аутора мастер/магистарског рада
БОЈАН ЗЕЛЕНКОВИЋ
Датум, мјесто и држава рођења аутора
04.08.1991, ДОБОЈ, РС/БиХ
Назив завршеног факултета/Академије аутора и година дипломирања
АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ, 2014.
Датум одбране завршног/дипломског рада аутора
31.10.2014.
Наслов завршног/дипломског рада аутора
ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ НАСУТЕ БРАНЕ
Академско звање коју је аутор стекао одбраном завршног/дипломског рада
ДИПЛОМИРАНИ ИНЖЕЊЕР ГРАЂЕВИНАРСТВА
Академско звање које је аутор стекао одбраном мастер/магистарског рада
МАСТЕР ГРАЂЕВИНАРСТВА
Назив факултета/Академије на коме је мастер/магистарски рад одбрањен
АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ
Наслов мастер/магистарског рада и датум одбране
РАСХЛАЂНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ ИНСТАЛИСАНЕ СНАГЕ 300MW
Научна област мастер/магистарског рада према CERIF шифрарнику
T220
Имена ментора и чланова комисије за одбрану мастер/магистарског рада
1. ПРОФ. ДР ДРАГАН МИЛАШИНОВИЋ ДИПЛ.ИНЖ.ГРАЂ., ПРЕДСЈЕДНИК
2. ПРОФ ДР МАТО УЉАРЕВИЋ ДИПЛ ИНЖ. ГРАЂ, МЕНТОР
3. ДОЦ. ДР АЛЕКСАНДАР БОРКОВИЋ ДИПЛ. ИНЖ. ГРАЂ., ЧЛАН
У Бањој Луци, дана 27.11.2017.

Декан

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ БАЊА ЛУКА 1972 BANJA LUKA FACULTY OF ARCHITECTURE CIVIL ENGINEERING AND GEODESY UNIVERSITY OF BANJA LUKA

РЕПУБЛИКА СРПСКА

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ

АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ

На основу члана 42. став (2) и 61. Закона о високом образовању („Службени гласник Републике Српске“, број 85/06 и 30/07), члана 54. Статута Универзитета у Бањој Луци и приједлога, Научно-наставно вијеће Архитектонско-грађевинско-геодетског факултета на 9. сједници, одржаној 07.07.2017. године, донијело је одлуку (број: 14/3.803/17 од 07.07.2017. године) о именовању Комисије за преглед и оцјену завршног рада II циклуса студија студијског програма Грађевинарство, кандидата Бојана Зеленковић, под називом:

„РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ ИНСТАЛИСАНЕ СНАГЕ 300 MW“

Именована је Комисија у сљедећем саставу:

1. Проф.др Драган Милашиновић, дипл.инж.грађ., предсједник,
2. Проф.др Мато Уљаревић, дипл.инж.грађ., ментор,
3. Доц.др Александар Борковић, дипл.инж.грађ., члан.

Комисија је детаљно прегледала и анализирала завршни рад и установила да је кандидат Бојан Зеленковић, број индекса 02МГР/2016, испунио све формалне услове и предао текст завршног рада за II циклус у прописаној форми, те Научно-наставном вијећу подноси сљедећи извјештај:

ИЗВЈЕШТАЈ О ПРЕГЛЕДУ И ОЦЈЕНИ ЗАВРШНОГ РАДА

I БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

- *Име, име оца и презиме*: Бојан (Златко) Зеленковић
- *Датум и мјесто рођења*: 04.08.1991. Добој
- *Подаци о формалном образовању*:
  - У Добоју 2010. завршио средњу Техничку школу, смијер: грађевински техничар.
  - У Бањој Луци 2014. завршио први циклус студија на Архитектонско-грађевинско-геодетском факултету, са просјечном оцјеном 8.96, те стекао звање дипломирани инжењер грађевинарства-конструктивни смијер.

- *Подаци о запослењу*:
    - „МД Перић Компани“ Бијељина, (мај 2014.- децембар 2015.), грађевински радови на изградњи ТЕ „Станари“
    - „Бајић Монт“ Добој (децембар 2015. - август 2016.), завршни радови на изградњи ТЕ „Станари“.
    - „Грађ-промет“ Добој, (август 2016. - октобар 2016.), изградња „Нове котловнице паре“ за Рафинерију нафте Брод

II ПОДАЦИ О ЗАВРШНОМ РАДУ

Кандидат Бојан Зеленковић се опредијелио за истраживачки и пројектантски рад у области индустријских постројења. Завршни рад је урађен под насловом „РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ ИНСТАЛИСАНЕ СНАГЕ 300 MW“, а обухвата 21 страну куцаног текста, 10 страница анализе оптерећења, 118 страница прорачуна и димензионисања, 4 странице предмјера, закључак је на једној страници и 9 цртежа (ауторских), списак коришћене литературе.

Предметна мастер теза кандидата Бојан Зеленковић је структуирана у двије основне цјелине – истраживачки и практични дио према сљедећем садржају:

1. Увод
    1.1. Облици расхладних торњева
    1.2. Елементи класичних расхладних торњева
    1.3. Испуна унутар прскалишта
    1.4. Диспозиција расхладог торња
2. Дејства на расхладне торњеве
    2.1. Стална дејства
    2.2. Дејство вјетра
    2.3. Сеизмичка дејства
    2.4. Температурна дејства
    2.5. Остала дејства
    2.6. Прорачунске ситуације
3. Извођење расхладних торњева
4. Расхладни торњеви са плаштом од мрежасте конструкције састављене од челичних ужади
    4.1. Опис и понашање под оптерећењем

4.2. Приказ првог расхладног торња са мрежастом конструкцијом од ужади

5. Прорачун расхладног торња са плаштом састављеним од мрежасте конструкције састављење од ужади

5.1. Технички опис конструкције

5.1.1. Пројектни задатак

5.1.2. Опис локације на којој се налази објекат

5.1.3. Опис конструкције

5.1.4. Статички прорачун

5.1.5. Извођење објекта и монтажа

5.2. Анализа оптерећења

5.2.1. Оптерећење од облоге

5.2.2. Оптерећење на зид водосабирног базена

5.2.3. Оптерећење на темељну плочу

5.2.4. Оптерећење вјетром

5.2.5. Температурни утицаји

5.2.6. Утицаји снијега и леда

5.2.7. Оптерећење плоче на врху стуба

5.3. Статички утицаји и димензионисање

5.3.1. Димензионисање бетонских и челичних елемената конструкције примјеном програма "Tower 6".

5.3.2. Димензионисање ужади

5.3.3. Димензионисање јарбола

5.3.4. Димензионисање кратког елемента на врху јарбола

5.3.5. Сила преднапрезања

5.4. Предмјер и предрачун радова

5.4.1. Конвенционално рјешење са плаштом од армираног бетона

5.4.2. Рјешење са плаштом од мреже преднапрегнутих ужади

6. Закључак

Литература

Графички прилози

О аутору

III ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ЗАВРШНОГ РАДА

Кандидат је имао задатак да за познате димензије расхланог торња термоелектране инсталисане снаге 300 MW испројектује носиву конструкцију од затежућих преднапрегнутих каблова.

Циљ пројектног задатка је да се преиспита могућност примјене овог носивог система и упореди (у економског погледу) са већ изведеним расхладним торњем класичном технологијом (армирано-бетонски плашт).

Кандидат је ,научно-истраживачким приступом, дефинисао носиви систем који чине носиви преднапрегнути каблови и централни армирано бетонски стуб-јарбол. Моделирана мрежа преднапрегнутих каблова носи лагану облогу од трапезастих лимова као вањски водонепропусни зид торња.

У економској валоризацији упоређивани су само промјењиви елементи у варијантним рјешењима (носиви плашт, носиви стуб-јарбол). Остали елементи су исти у обе варијанте, те нису били предмет економске анализе у овом раду.

На провјери оригиналности урађеног мастер рада утврђено је да не постоји подударност истог, са до сада публикованим радовима.

IV ЗАКЉУЧНО МИШЉЕЊЕ

Кандидат, Бојан Зеленковић, испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању Републике Српске и Статута Универзитета у Бањој Луци, те може приступити одбрани завршног рада за други циклус.

Комисија предлаже Научно-наставном вијећу Архитектонско-грађевинско-геодетског факултета у Бањој Луци, да кандидату Бојану Зеленковић одобри јавну одбрану рада под називом:

„РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ ИНСТАЛИСАНЕ СНАГЕ 300 MW“

Бања Лука, новембар 2017. године

Чланови комисије:

Предсједник Комисије проф.др Драган Милашиновић

Члан Комисије и ментор проф.др Мато Уљаревић

Члан Комисије доц.др Александар Борковић

Прилог 3.

Изјава 1

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је
мастер/магистарски рад

Наслов рада РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ ИНСТАЛИСАНЕ СНАГЕ 300 МW

Наслов рада на енглеском језику COOLING TOWER OF THE TERMO POWER PLANT WITH INSTALLED POWER OF 300 MW

- ☒ резултат сопственог истраживачког рада,
- ☒ да мастер/магистарски рад, у цјелини или у дијеловима, није био предложен за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- ☒ да су резултати коректно наведени и
- ☒ да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

У Бањој Луци 27.11.2017.

Потпис кандидата

Бојан Зеленковић

Изјава 2

Изјава којом се овлашћује АГГФ факултет/ Академија умјетности Универзитета у Бањој Луци да мастер/магистарски рад учини јавно доступним

Овлашћујем АГГФ факултет/ Академију умјетности Универзитета у Бањој Луци да мој мастер/магистарски рад, под насловом

РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ ИНСТАЛИСАНЕ СНАГЕ 300 МW

који је моје ауторско дјело, учини јавно доступним.

Мастер/магистарски рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату, погодном за трајно архивирање.

Мој мастер/магистарски рад, похрањен у дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој Луци, могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице *(Creative Commons)*, за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство - некомерцијално - без прераде
4. Ауторство - некомерцијално - дијелити под истим условима
5. Ауторство - без прераде
6. Ауторство - дијелити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

У Бањој Луци 27.11.2017.

Потпис кандидата

Бојан Зеленковић

Изјава 3

Изјава о идентичности штампане и електронске верзије мастер/магистарског рада

Име и презиме аутора БОЈАН ЗЕЛЕНКОВИЋ

Наслов рада РАСХЛАДНИ ТОРАЊ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ ИНСТАЛИСАНЕ СНАГЕ 300MW

Ментор ПРОФ. ДР МАТО УЉАРЕВИЋ

Изјављујем да је штампана верзија мог мастер/магистарског рада идентична електронској верзији коју сам предао/ла за дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој Луци.

У Бањој Луци 27.11.2017

Потпис кандидата

Бојан Зеленковић