

Sauska borászat – Egy formabontó épület tartószerkezeti kihívásai

Sauska winery – The structural challenges of an unusual building

DEZSŐ Zsigmond¹, BÚZA Barnabás¹, MAGYAR Máté¹

¹HydraStat Mérnöki Iroda Kft.

4029 Debrecen, Maróthi György u. 4.

E-mail: hydrastat@hydrastat.hu; Tel.:+36-52-453-413; www.hydrastat.hu

Abstract

How is it possible to create a harmonious unity between a winery with a special form and the historic Tokaj wine region? Description of the design and design lessons of free-forming bowl structures as reinforced concrete shell structures. Replacement of the reinforced concrete spherical shell structure according to the contractor's requirements can be assembled on site using prefabricated steel structural elements created with engineering creativity.

Keywords: special Sauska winery, free-forming reinforced concrete shell structures, engineering creativity

Kivonat

Hogyan lehetséges egy különleges formavilágú borászat és a történelmi Tokaji borvidék harmónikus egységének megteremtése? A szabad formálású tálszerkezetek vasbeton héjszerkezetként történő kialakításának és tervezési tanulságainak ismertetése. A vasbeton gömbhéj szerkezet kivitelezői igények szerinti kiváltása helyszínen összeszerelhető, mérnöki kreativitással megalkotott, előregyártott acélszerkezeti elemek alkalmazásával.

Kulcsszavak: különleges Sauska borászat, szabad formálású vasbeton héjszerkezetek, mérnöki kreativitás

1. A BORÁSZAT ÉPÍTÉSZETI ISMERTETÉSE

A Sauska borászat - mely a tokaji és villányi borvidék egyik kiemelkedő borászata - 2014-ben egy új, modern üzemmel rendelkező birtokközpont építését tűzte ki célul. Az építkezés helyszínéül a Rátka községhez tartozó, a Tokaj-hegyaljai borvidékükön elterülő Padi-hegyet választották. A formabontó épület generál tervezésével a **BORD Építész Stúdió**t bízták meg.



1. ábra. Sauska borászat – Tokaj-hegyalja, Padi-hegy – látványterv

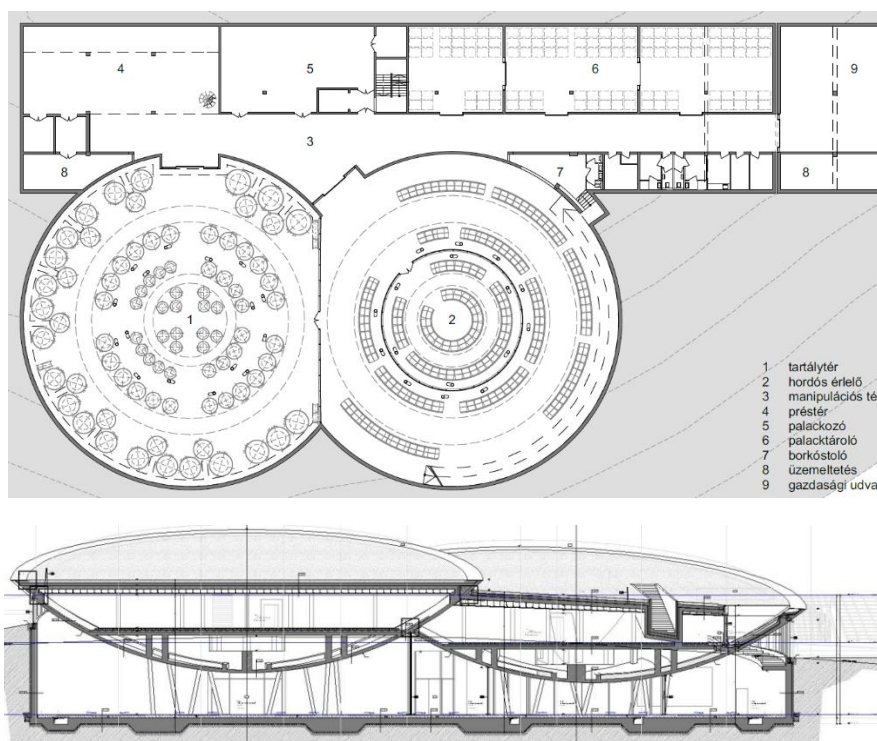
Az építészeti elképzelés szerint egy már messziről látható, ugyanakkor a világörökség részeként nyilvántartott Tokaj-hegyaljai történelmi kultúrtáját védve mégis egy a táj dűlőibe belesimuló, és azzal harmonikus egységet alkotó, de nem hagyományos értelemben vett házszerű épület megalkotása volt a cél. E gondolat mentén alakult ki a Padi-hegy déli lejtőinek tetején a domboldalba süllyesztett, vizuálisan a szőlőskertek felett lebegő illetve azokban úszó, két egymásba metsző hatalmas tálra emlékeztető forma.

Az egyenként 36 méter átmérőjű, zöldtetővel kialakított, nyitott tálát formáló kelyhek tulajdonképpen az épület egyetlen látható részét adják. Az üzemi területek a tálak alatt, illetve északi irányból azok mögött, de szintén a térszín alá süllyesztve kaptak helyet. A koncepcióban prioritást élvezett az épület természettel való szoros kapcsolatán túl a környezetre való rálátás is, így mindkét térből egy-egy hatalmas kilátóteraszra vezet az út, ahonnan gyönyörű déli panoráma tárul fel. A szőlő a borászatba annak nyugati oldalán az érkezési szinten kerül be, és itt történik a préselés is. Az acéltartályos és hordós érlelés az alsóbb szinten, a tálak alatti hatalmas kör alakú termekben történik.

A tervezési munka folyamán az egyes szakágak szoros együttműködésével két tartószerkezeti kiviteli koncepciót is kidolgoztunk. Ennek a két verzióknak az ismertetésén keresztül szemléltethető, milyen tervezői és kivitelezői kihívásokkal kellett megbirkózni ennek a formabontó borászatnak a tervezése során.

2. AZ ÉPÜLET TARTÓSZERKEZETI KONCEPCIÓJA

A bruttó 3980 m²-es szintterületű épület szerkezeti értelemben két fő részre osztható, magára az építészeti domináló tál szerkezetekre, valamint az azt kiegészítő borászati technológiát biztosító gyárként funkcionáló épületi egységre. A két eltérő szerkezeti kialakítású egységet azonban egymással három hídszerkezet köti össze, így végeredményben az épület tartószerkezeti egy dilatációs egységet alkot.



2. ábra. Technológiai alaprajz és a tál szerkezetek jellegzetes közös keresztmetszete

Az építészekkel folytatott hosszasan tartó konstruktív munka eredményeként az első kiviteli terv szűk egy év alatt 2017 őszére készült el, majd 2019-ben történt meg az épület áttervezése, mely dominánsan csak a tál szerkezeteket érintette. Ennek egyszerű magyarázata az, hogy alapvetően a két egymásba metsző, tálakat formáló gömbszelet alakú épületrész tartogatott kihívásokat mind a mérnöki tervezés, mind pedig a kivitelezés szempontjából, de az összkép kedvéért érdemes röviden áttekinteni a gyáregépület szerkezetét is.

A gyáregység mindkét koncepcióban egy domboldalba süllyesztett, zárt dobozként működő, eltérő födémsíkokkal kialakított, jellemzően kétszintes, jelentős mennyiségű földdel terhelt lapostetős épületrész.

Az eredetileg szabadabb tereprendezést oszlopok által pontokon megtámasztott, monolit vasbeton síklemezes födémeikkel terveztük, de az áttervezés során a $\sim 16 \times 80$ m-es alapterületű épületrész hosszfőfalas elrendezést kapott, így a födémszerkezetek túlnyomórészt egyirányban teherhordó kéttámaszú, néhol többtámaszú lemezszerkezetekké alakultak át, a fesztávolságoktól és terhelésektől függően **28-55** cm-es szerkezeti vastagságokkal. A gyáregységbe be-, illetve kivezető rámpaszerkezetek a főépülethez tartószerkezetiileg a szükséges dilatációs mozgásokat biztosító szerkezeti elemekkel kapcsolódnak. A teljes borászat egy összefüggő, **50** cm vastag lemezalapra épült, melynek kialakítását némiképpen csak az érlelő tartályok és hordók alatt szükséges gépészeti technológiát fogadó, körkörös elrendezésű, lényegében az alaplemezbe vonalmenti süllyesztékként kialakított padlócsatornák bonyolították. Ezen ívesen vezetett padlócsatornák lefedése előregyártott feszített zsalupanellel történt, mely panelek az ipari padló zsaluzataként is szolgáltak.

A tálszerkezet alapvetően egy alapincézett, földszintes egység, mely a teraszterületeken kívül zöldtetőként kialakított lapostetővel került lefedésre. A tálak kétszergörbült geometriáján túl rögtön két dolog okozott gondot. Egyrészt a pincében a héjszerkezetek két koncentrikus kör mentén kiosztott, de egymással ellentétes irányba döntött tengelyű pillérekre pontszerűen támaszkodnak, másrészt a támasztó pillérekkel nem azonos pozícióban elhelyezett felső zárófödém gyámolító pillérek további koncentrált erőbevezetéseket jelentenek a héjszerkezet számára. A lokálisan fellépő jelentős hajlítónyomatékok miatt ezen szingularitások körül a szerkezet nem tud klasszikus membránként viselkedni, ezért döntöttünk az erőjátékot jobban követő, bordákkal merevített héjszerkezet tervezése mellett. Az erőbevezetések és a szabadabb pillér elhelyezések biztosítására koncentrikus bordákat helyeztünk az alsó támasztó oszlopok fölé, illetve sugár irányban a felső szintű oszlopok alá. Az építésszel folytatott hosszas kooperációs munka eredményeként a tálszerkezet fő teherviselő vázára az alábbi ideálisnak tűnő szerkezeti megoldás adódott.

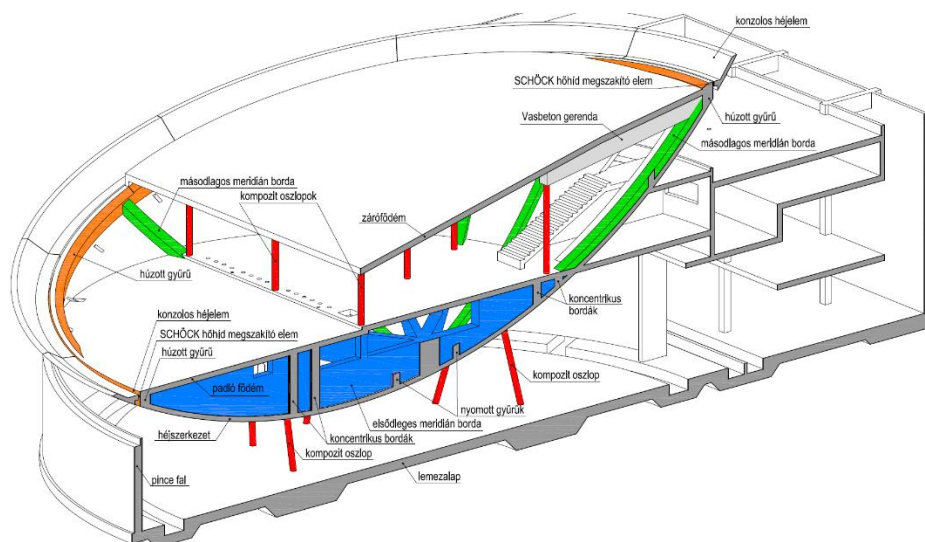


3. ábra. A tálszerkezet fő teherviselő vasbeton váza

A felső szintű oszlopokat gyámolító elsődleges meridián bordákat a héjszerkezet merevítése céljából kiegészítettük további radiálisan kiosztott, íves tengelyű, másodlagos meridián bordákkal, melyek felső végeiken egy húzott gyűrűvel kerültek összekötésre. Látható, hogy az elsődleges meridián bordák a körkörös gerendák által konzolos gerendaként is képesek működni. A héjszerkezet alsó pontjában túl sok meridián irányú borda keresztezné egymást, igen bonyolult csomópontban. Ennek elkerülésére az alsó pontban egy kisebb átmérőjű nyomott gyűrűt terveztünk be a másodlagos meridián bordák összekapcsolására, így azok nem futnak át egymást keresztezve az alsó középponton. A hég szükséges szerkezeti vastagsága **25** cm-re adódott, mely ezzel a kialakítással is még relatíve nagy, ennek alapvetően egy szerkezeti és egy technológiai oka van.

- Egyrészt a szerkezetben ébredő erők a nagyterhelésű és szabadnyílású zónában továbbra is meglehetősen nagyra adódtak, ilyen tipikus terület az oszlop-meridián borda kapcsolat környéke is, ahol a borda övként dolgozik, így nagyobb szerkezeti vastagságra volt szükségünk.

- Másrészt a borászati technológia páratartalmi követelményei szigorúak, kis tőrésaráttal kell egy bizonyos állandó értéket biztosítani a technológiai térben, s ehhez a 25 cm-es vasbeton héjvastagság az ideális.



4. ábra. A tálszerkezetek keresztirányú metszete

A tálakon belüli födémekek síklemezes monolit vasbeton kialakításúak. A padlófödém **28**, míg a zárófödém **32** cm-es szerkezeti vastagsággal készült, mivel a fesztávolságok néhol megközelítőleg elérik a **10** m-t is, továbbá a zárófödém zöldtetőként került kialakításra, az átlagosnál jelentősebb terheléssel. A zárófödém a kompozit oszlopokkal és a pereme mentén kialakított húzott gyűrűvel került alátámasztásra, de a túlságosan nagy fesztávolságok miatt fióktartókat is beterveztünk a kedvezőbb teherelosztás és az átszűrődési problémák elkerülésére. A padlófödém a koncentrikus és az elsődleges meridián bordákra közvetlenül, a másodlagosakra pedig a köztük lévő távolság miatti rövid oszlopok beépítésével közvetetten támaszkodnak.

Az építészeti koncepció minél karcsúbb szerkezeteket és tágas tereket vizionált. Hagyományos vasbeton oszlopok alkalmazásával kb. 45 cm-es oszlopátmérőkre lett volna szükség, ezért 30 cm átmérőjű kompozit szerkezetű oszlopok alkalmazása mellett döntöttünk, amelyek kellően karcsúak, ugyanakkor képesek a nagy terhelések felvételére. Az oszlopok belső vasalással ellátott, 300x25 mm-es kibetonozott acélsővek.

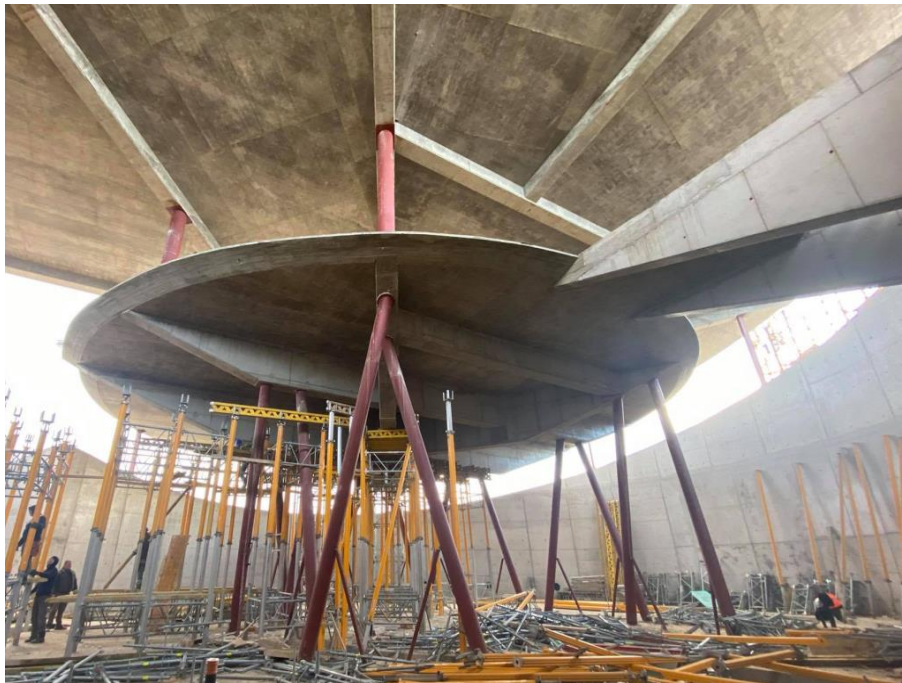
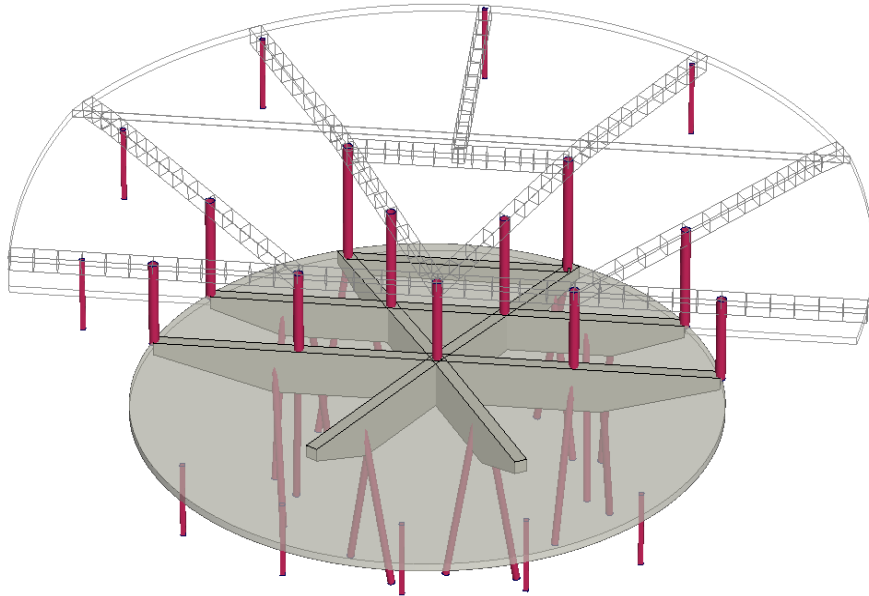
Az oszlopok alaplemezzel valamint a héjszerkezettel való kapcsolata hegesztett vastaglemez gallérokkal és bekötő karmokkal, valamint az oszlopok belsejében tovább menő tüskézéssel biztosítottak, melyek kellően merev, részlegesen nyomatékbíró kapcsolatokat szolgáltatnak. A szerkezet kellő oldalirányú merevségét az ellentétes irányú befogott ferde oszlopok és a három híd tárcsamerevsége adja, melyek a vízszintes erők egy jelentős részét a borkészítő üzem meglehetősen merev szerkezetéhez közvetítik.

A szerkezet kivitelezéses során a fő kihívást a kétszer görbült felületek zsaluzása okozta. Erre lehetséges megoldásként több javaslatot is kidolgoztunk a klasszikus héjépítési technológiával kezdve, a korszerű zsaluépítési technológián át, egészen a műanyaghabból marással kialakított elemek alkalmazásáig. Bár a héjszerkezetek zsaluzására lett volna vállalkozó, a generál kivitelező igényei szerint alapvetően mégis kétféle szerkezet jöhetett számításba. Egyik megoldás, hogy előre gyártunk egy vékony héjszerkezetet, melyet egyszerre használunk majd zsaluzatként illetve a végleges szerkezet külső felületeként is, együtt dolgoztatva azt a monolit betonnal. A másik lehetőség, hogy hagyományos, görbült felületű zsaluzatot alkalmazunk fa, fém, esetleg műanyag belső felülettel, amely a betonfelület simaságát biztosítja. A kivitelezővel folytatott hosszas egyeztetések után végül a gömbszeletek kialakítása acélváz szerkezettel történt, mely hagyományosabb módszerekkel, egyszerűbben kivitelezhető tartószerkezeti megoldás.

3. A TÁLSZERKEZETEK VÉGLEGES SZERKEZETI KIALAKÍTÁSA

A hagyományos vasbeton héjszerkezet elhagyása magával hozta a tervezett acélváz szerkezetet fogadó padló-, illetve zárófödém monolit vasbeton szerkezetének egyszerűsítési lehetőségét. A tálszerkezetet függőlegesen megtámasztó ferde tengelyű kompozit pillérek koncepciója nem változott, számuk a tálakban **14** illetve **16** darabra adódott. Szükségtelen a továbbiakban a padlófödém alulbordáinak alsó íves kialakítása, továbbá a két koncentrikus borda is elhagyhatóvá vált a padlófödém gyámolító oszlopok rendszerezettebb kiosztásával. Mindkét födém alulbordás monolit vasbeton födémként került kialakításra, a peremeiket az íves pincefalról indított zártszelvény oszlopokkal támasztottuk meg, orvosolva ezáltal a héjszerkezet húzott gyű-

rújének hiányát. Héjszerkezet nélkül a padlófödém nagy magasságú (~2 m) alulbordái miatt az azok aljához csatlakozó, egymással ellentétes irányba döntött tengelyű pillérek felső csomópontjaiban ébredő vízszintes erők födémhez viszonyított külpontosságából adódó csavarónyomatékokat a gerendák méretezése során számításba kellett venni.



5. ábra.
A tálszerkezet végleges fő teherviselő vasbeton váza a ferde tengelyű pillérekkel

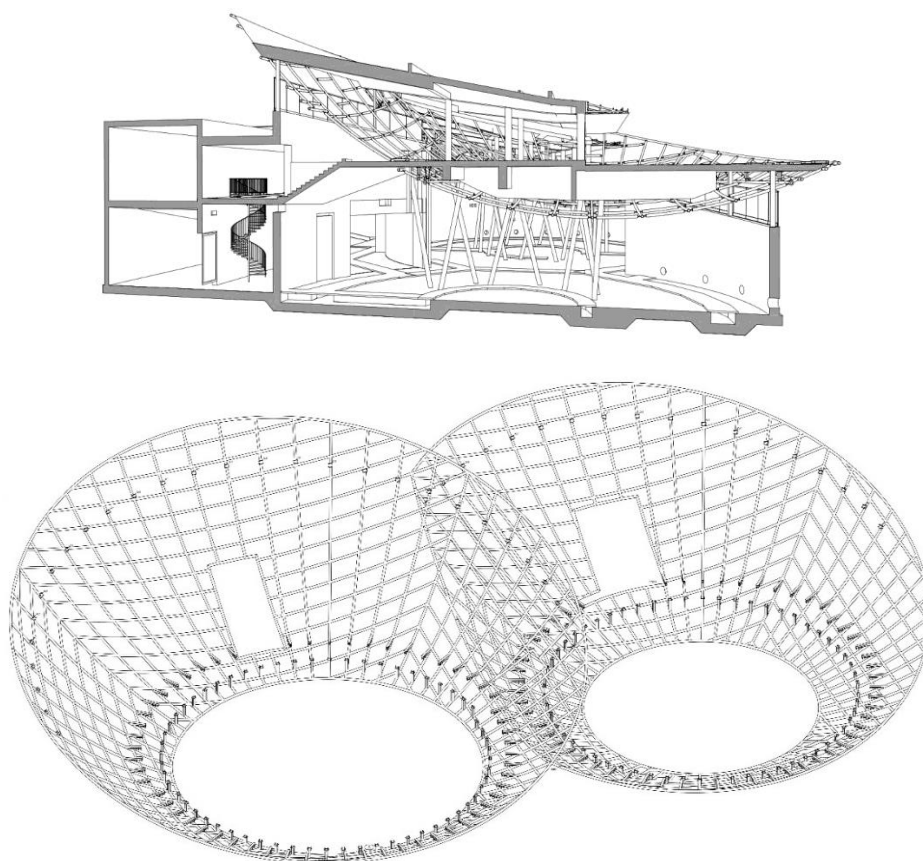
Az acél szerkezetváz konstrukciós tervezéséhez és geometriai optimalizálásához nem kellett elővenni magasabbrendű differenciál egyenleteket, csupán a gömbfelületekről szerzett geometriai ismereteinket kellett alkalmazni, hogy egy gazdaságos és könnyen szerelhető vázszerkezetet kapjunk végeredményül.

Az acélváznak minden eleme ívesített cső szelvényekből készült. Elsődleges tartószerkezete a tálszerkezet 28 m sugarú gömbfelületére „kifeszített” azonos sugarú, tangenciálisan „ortogonális” közeli acélrács

hálózat lett, mely pontos kialakítását az acélszerkezetgyártó **Jakosa Kft.** szoros együttműködésével alkottuk meg. A gömbszerkezet „függőleges” metszeteiben elhelyezett rudak a vasbeton födémek pereméhez mereven befogott kapcsolattal csatlakoznak, felvéve ezzel a felületet érő terheket és hatásokat. A befogási kapcsolatot a födémekben elhelyezett és lehorgonyozott laposvas szerelvényekre épülő csavarozott talpak, illetve a padlófödém alatt az ívek alján lévő feszítőanyag csavaros kapcsolatú támasztó rudak biztosítják. A csomópontok kialakítása precízen biztosította az esetleges méreteltérések ellenére is a szerkezet pontos pozicionálását, illetve szerelését. Az acélszerkezet „vízszintes” rúdjaik hajlítási sugara is megegyezik a gömb sugarával, mivel azokat valójában a függőleges tengelyre merőleges, a gömb középpontján átmenő egyenes síkjainak gömbmetszetei adják. A „vízszintes” rudazat biztosítja a gömb felülete mentén a szerkezetet érő lokális hatások teherelosztását és annak egyenletes alakváltozását. A gömbszelet úgy van felvéve, hogy a „függőleges” metszősíkok azonos egyenese, a tálak alsó vízszintes padlófödémének középpontján megy át.



6. ábra. A „függőleges” rudak és a vasbeton födém merev kapcsolata



7. ábra. A tálszerkezet metszete a gömbfelületet alkotó acélszerkezeti hálózattal kiegészítve

A szerelés megkönnyítése szempontjából fontos mozzanat volt, hogy az acél teherhordó váz „függőleges” rúdjai azonos cikkek mentén lettek elhelyezve úgy, hogy felül az oldalhosszúságuk maximálisan $\sim 2,50$ m legyen, míg a „vízszintes” rudakat a legnagyobb körön mért azonos távolsággal elhelyezett „vízszintes” metszetek hálózata adja. A vázszerkezet szerelése a legnagyobb függőleges ív elhelyezésével kezdődött, majd folyamatosan két irányba haladva helyszíni csavaros kapcsolattal történt az összes összekötő „vízszintes” rúd elhelyezése. A vázszerkezet minden „gömbi” eleme $D = 139,7$ mm külső átmérőjű csőből készült, a teherviselésnek megfelelő falvastagságokkal. A csőszelvény leegyszerűsítette a térbeli csomóponti csatlakozásokat, ugyanis a vázszerkezethez minden kiegészítő, illetve másodrendű szerkezet rögzítése szorító bilincscsel megoldható volt. A térbeli rácsos szerkezet „függőlegesen” álló teherhordó rúdaira került rögzítésre a rétegrend alá egy 80 cm-ként párhuzamosan kiosztott íves acél zártszelvényű rudazat, mely kiegészítő „vízszintes” rudazat a burkolati rétegrend külső héjának fogadásául szolgált.

A gyártás során a primer tartóváz azonos hajlítási sugarú rúdjai üzemben sablonra szerelve készültek, vagyis a sablonban az ívre hajlított csövekből, furatolt kapcsolólemezekkel együtt hegesztett kivitelben kerültek összeállításra. A kapcsolati szerelvények csak a sablonba beállított elemeken kerültek véglegesen rögzítésre, ezzel biztosítva a helyszíni szerelésnél a pontos és mérethelyes kapcsolódást. A tartóváz tulajdonképpen a gyárban az összes szükséges csavarkötéssel együtt előre elkészült a helyszíni szereléshez, a szerkezeti elemek közvetlenül a sablonból kibontva kerültek elszállításra a horganyozóba, ahol az elemek megkapták a korrózió elleni védő bevonatot.



8. ábra. A primer tartóváz gyárban történő sablonra szerelése



9. ábra. Az acélszerkezet szerelés közben

4. KONKLÚZIÓ

Ennek a projektnek a kapcsán újból megerősítést nyert számunkra az a tapasztalat, hogy egy különleges kialakítású épület esetén talán a szokásosnál is fontosabb, hogy már a koncepcionális tervezés is magas színvonalon történjen, lehetőség szerint az összes szakág bevonásával. Ideális eset, ha egy formabontó épület esetén a tervezés első tervfázisaiban is ismert már a kivitelező cég, de legalábbis az a technológia, ami rendelkezésre áll majd a megvalósításhoz. Cégünk mindig szívesen vesz részt kihívásokkal teli munkákban. Örömteli, hogy ezen projekt kapcsán is sikerült az időközben szükségessé váló, a tartószerkezeti rendszert jelentősen érintő áttervezési folyamatot a szerkezet bekerülési költségének csökkenése mellett úgy megvalósítani, hogy az eredeti építész által vizionált koncepciót és formát nem kellett feladni.