

The Water Lily

Linnéa Bjelkvik

Kandidatarbete
Våren 2021
Arkitektur och Teknik
Chalmers Tekniska Högskola

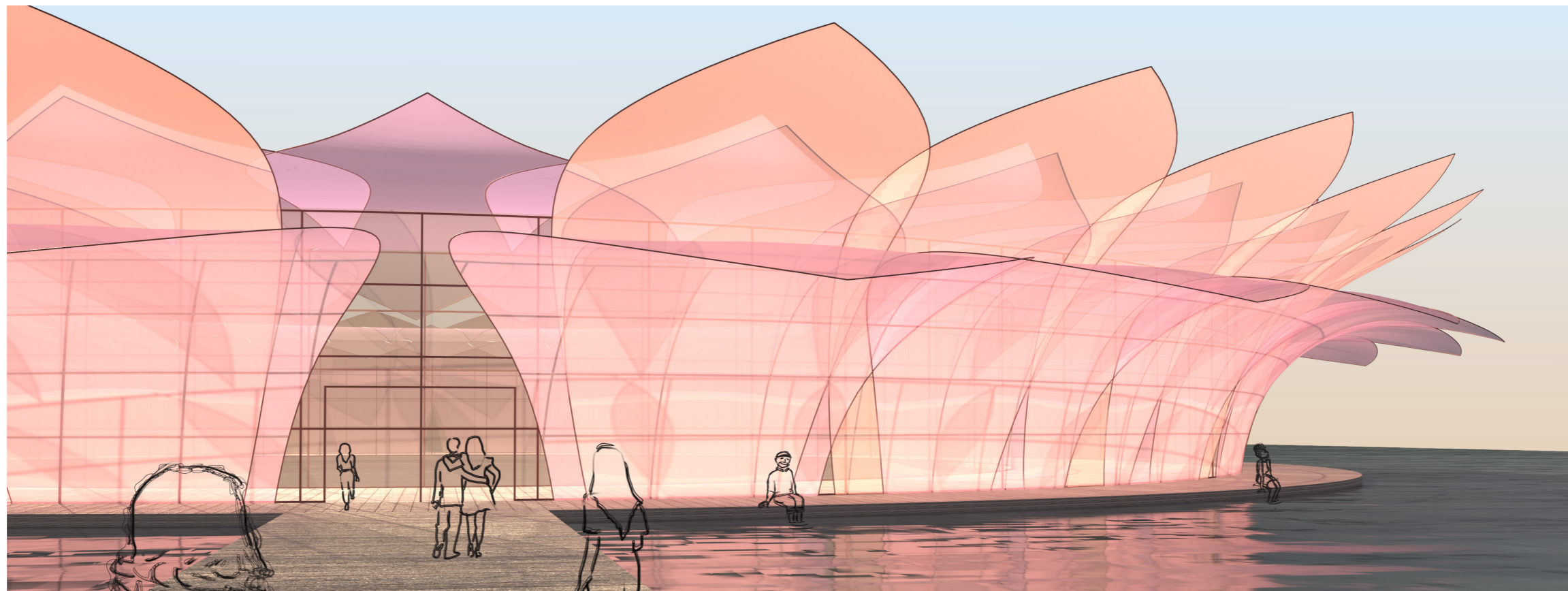
Grupp: Linnéa Bjelkvik, Irja Nilsson Nyberg,
Helena Krantz, Hanna Persson

Introduktion

Uppgiften för vårt kandidatarbete var att konstruera ett designförslag på en musikbyggnad för ett medelstort college. Byggnaden skulle innehålla en musiksall, främst för opera men även för symfoniorkestrar, kammarmusik, körmusik och dans. Byggnaden skulle vara placerad nära en stor motorväg och en startbana för flygplan. Designförslaget skulle hantera den höga bullernivån som omger byggnaden och ha en musiksall med varierbar rumsakustik för att kunna husera de olika musikföreställningarna. Byggnaden skulle också innehålla diverse andra nödvändiga rum för musiker och scenarbetare, samt en trevlig lobby för besökare och skolmiljö för studenter.

Vårt projekt, The Water Lily, är ett operahus vars operasall ligger under vatten och som använder vatten som ljudisolering och arkitektoniskt koncept. Upplevelsen av att vara ute på vattnet, och under vatten, är något som eftersträfvats genom hela byggnaden. Rummen är designade för att ge byggnaden bra akustiska förutsättningar och en trevlig upplevelse.

Under arbetets gång har fokus lagts vid att ha en iterativ designprocess med öppen, konceptuell tankegång. Flera olika konceptförslag utarbetades efter studier av rumsliga miljöer ute i naturen som första uppgift. Dessa olika konceptförslag har i vårt fall förenats i ett projekt som har tydligt inriktning på vatten, men som förenat flera av de kvaliteter vi tidigt kom fram till att vi ville jobba med.



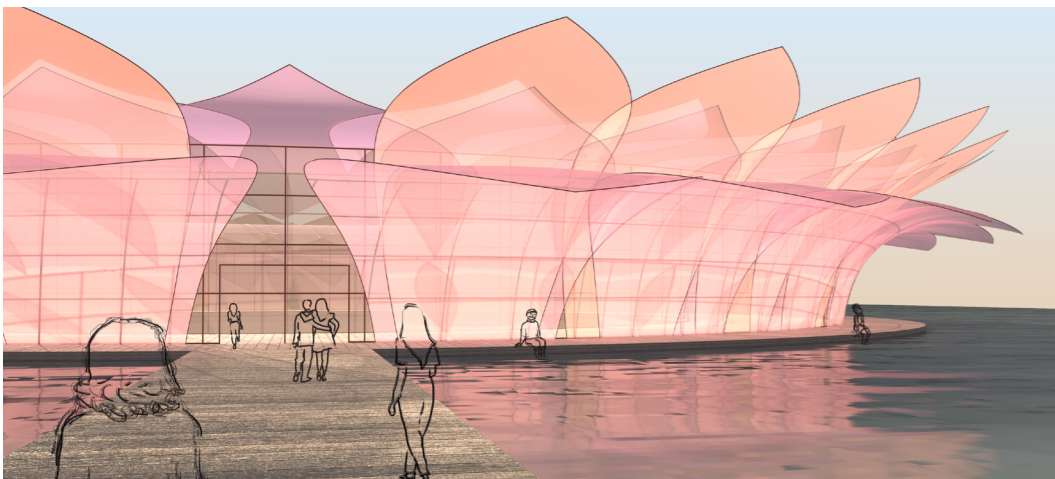
Presentation

Våra planscher tycker jag blev väldigt trevliga att titta på. Det var kul att jobba med färg och vara lekfull i presentationen. Vi fick höra av kritiker att planscherna var lättlästa och lockade till att ta reda på mer om projektet. Vi fick också höra att våra bilder och layout skapade en härlig känsla som gjorde att man ville gå till byggnaden. Jag tycker själv att mycket av detta stämmer och att vi fick fram att vattnet har huvudrollen i projektet.

Det var dock svårt att få plats med allt vi ville visa att vi funderat på och jobbat med på planscherna. Det var också några delar som var svåra att förmedla på ett snabbt och tydligt sätt, till exempel hur vår bubbelgardin fungerade och varför den var viktig.

Det finns utvecklingsmöjligheter i att förklara mindre i text och mer i bilder och figurer för att snabbare ge en bra överblick av projektet. Vi fick kritik på att sektionen inte var så tydlig och att förhållandet mellan byggnaderna hade behövts förstärkas. Det håller jag med om och i efterhand hade jag försökt förtydliga med en konceptskiss eller en större sektion med förklaringar för att öka förståelsen.

Hade det funnits mer plats på planscherna hade jag försökt visa mer hur byggnaden upplevs inifrån, till exempel i lobbyn och i trappan ner under vattenytan till operasalen. Jag hade också försökt förstärka läsbarheten av flödet av både besökare och musiker i byggnaden.

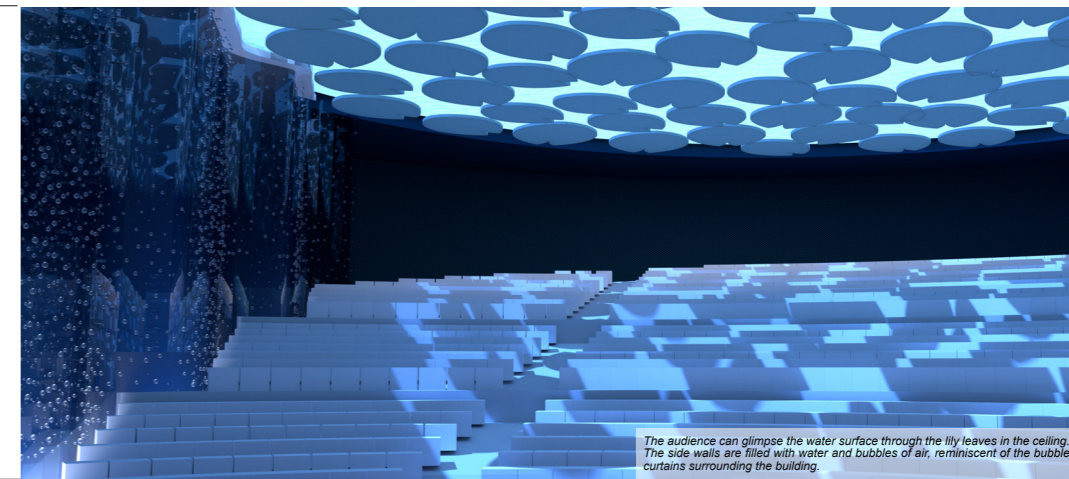
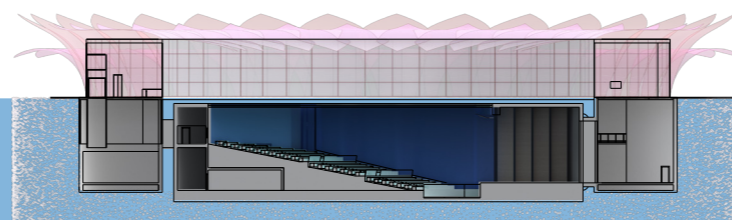


The Water Lily

Imagine music underwater. Blue light dancing from the ceiling through leaves of water lilies. Mesmerizing bubbles fill the walls. Like a water lily the building rests on the water surface. Hiding its inner core, the performance hall, completely surrounded by water to protect from noise above.

The noise from outside is replaced by excited chatter as you walk into the lobby. The audience is led down into the water by a stairway next to the glazed facade. Once you have reached the floor below, you find yourself in a spacious room with big windows looking out into the water. In the music hall the sound is once again replaced, now by an anticipatory silence.

The deck surrounding the building is a nice place for students to study or practice. There is room for sitting on the edge, dipping your toes in the water on warm days. The petals on top of the building shades the deck from direct sunlight and creates a roof for rainy days. The lobby can open up to the deck and entice the visitors for a drink or walk outside during intermission.



The audience can glimpse the water surface through the lily leaves in the ceiling. The side walls are filled with water and bubbles of air, reminiscent of the bubble curtains surrounding the building.

THE LOBBY
The entrance is reached by a floating pier connected to the deck surrounding the building. Directly inside is the lobby with both study places for the students and mingle spaces with a bar for visitors. The two spaces are divided by the wardrobe and can be separated with sliding walls when having separate events. The lobby can be reached from two entrances, one in each part. To reduce the noise from outside in the lobby we will use a double glass wall and roof with an air gap in between. Inside the lobby we will use acoustical sails in the ceiling to absorb sound created by people.

INDOOR CLIMATE
The petals on top of the building protects the glass facade from direct sunlight and will dampen the heat in the lobby. In the opera hall, the surrounding water will cool down the building and reduce the need of air conditioning. The MER-room under the audience is to make sure the opera hall has a nice indoor climate and ventilation. The supply air in the opera hall will come from under the seats and the exhaust air can be taken out near the ceiling and used in the bubble curtains and walls. Many rooms producing sound, like restrooms and MER-room, are placed in the outer building.

BUILDING STRUCTURE
The building will be floating to follow changes in water levels. The building will use the principle of a boat where it displaces a big amount of water to get a greater buoyancy force holding it up. The building will be held in place by poles where the building can move freely up and down, but not sideways. The floating structure makes this concept flexible and it can be constructed and moved to any waters.

THE PIER
The pier leading out to the building can also be used by trucks when there is material to be transported to the building. The load of the truck can be placed on the floor of the lobby. The floor is a big elevator and can descend to the scene shop.

PLANS 1:500

- 1. Lobby
- 2. Cafeteria
- 3. Restroom unisex
- 4. Shaft
- 5. Elevator
- 6. Wardrobe
- 7. Bar
- 8. Storage
- 9. Dressing conductor
- 10. Dressing room solo
- 11. Wig & Make Up
- 12. Costume shop
- 13. Lounge
- 14. Office

Entrance level

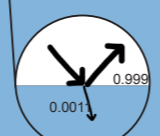
- Public spaces
- Staff
- Performance hall and deck

Level -1

- 15. Scene shop
- 16. MER-room
- 17. Restroom Men
- 18. Restroom Women
- 19. Follow spot booth
- 20. Projection/title booth
- 21. Audio mix
- 22. Lighting & stage manager
- 23. Rehearsal
- 24. Dressing room 14 ppl
- 25. WC with shower
- 26. Space for weight equalization

Level -2

- 27. Prop pantry
- 28. Green room
- 29. Pantry
- 30. Quick change
- 31. Audio and lighting storage
- 32. Dimmer and audio rack
- 33. Stage
- 34. Stage wings
- 35. Orchestra pit: 3 parts & 3 levels
- 36. Seats: 1 150 - pit on pit level, >1 200 - pit on seating level



WATER AND SOUND
The impedance difference between water and air results in the water surface behaving like a sound reflector. With a reflection of 99.9% and transmission of 0.11% the water reflects most airborne noise coming from the nearby highway and aircrafts. In the opera hall we want to have a NCB-level between 10 and 15. By placing the opera hall in the water we can take advantage of the impedance difference as well as a water layer for insulation.

UNDERWATER NOISE
Being underwater, we need to consider noise coming from the water, both natural and man-made. We are using bubble curtains to reduce the ambient noise in the water. The impedance contrast creates reflection, while the bubbles, to some extent, also will resonate and absorb sound energy. The remaining sound in the water will be taken care of by the roof and the walls constructed with the room in room principle, using a combination of solid (concrete) and soft material (air) which decouples the opera hall from the outer room and gives good insulation.

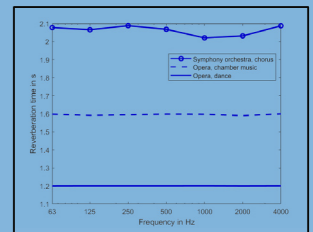
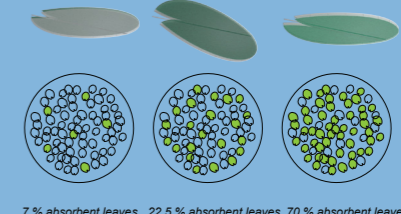
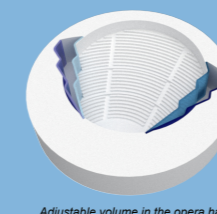
The decoupling is arranged with air springs which gives high insulation at the low frequencies coming from the sea. The walls of the opera hall have no rigid support to the outer walls, the floor is floating and the ceiling is suspended.

VIBRATIONS AND NOISE
Connections between the two buildings are made with acoustic sealant to prevent vibrations traveling into the performance hall. There are two connections for the audience, two for performers and one directly behind the stage with easy access to the scene shop. Two sets of doors are used for every connection to prevent noise travelling through the air from the outer building into the music hall. In addition, the audience is led through an absorbing chamber before entering the opera hall, which contributes to the overall acoustic experience.

REVERBERATION TIME
There are three main ways to change the hall for variable acoustics. The volume of the room can be increased by moving the side walls outwards. The back wall is supplemented with curtains to prevent echo.

The water lily leaves are made with polycarbonate on one side and cotton fabric on the other, spaced 6 mm from the plastic. The leaves can rotate to show the more reflective or absorbent surface. The walls and roof are made of polycarbonate with an uneven surface to diffuse the sound.

REHEARSAL ROOM
The rehearsal room has high ceilings to enable a long reverberation time and there are resonators for the lower frequencies placed in the back wall. The amount of used resonators can be altered for various reverberation times, by opening or closing the holes with a sliding hatch. The room is located in the outer building, away from the noise of the scene shop and lobby.

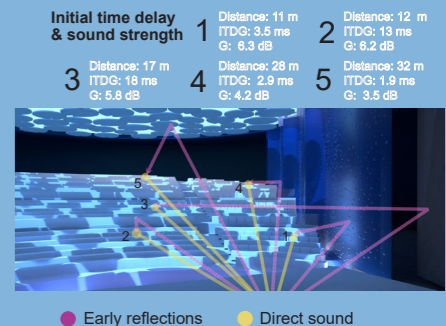


Performance	Reverberation time	Volume	Curtains	Leaves
Opera, dance	1.2 s	9810 m ³	30%	70%
Opera, chamber music	1.6 s	9810 m ³	30%	22.5%
Symphony orchestra, chorus	2.1 s	11210 m ³	10%	7%

REFLECTORS AND EARLY SOUND

To gain a high clarity value, we want early reflections with a small initial time delay gap between direct sound and reflected sound, a maximum of 20 ms. The low ceiling, the curved sidewalls and the section walls in the audience all contribute to early reflections. The side walls on stage are movable to direct the sound reflections where needed.

The leaves hanging above the stage help direct the sound outwards as well. For a smaller ensemble or orchestra there are portable shells that can be used for directing the sound and increasing the amount of early reflections. The shells are the same shape as the petals from outside.



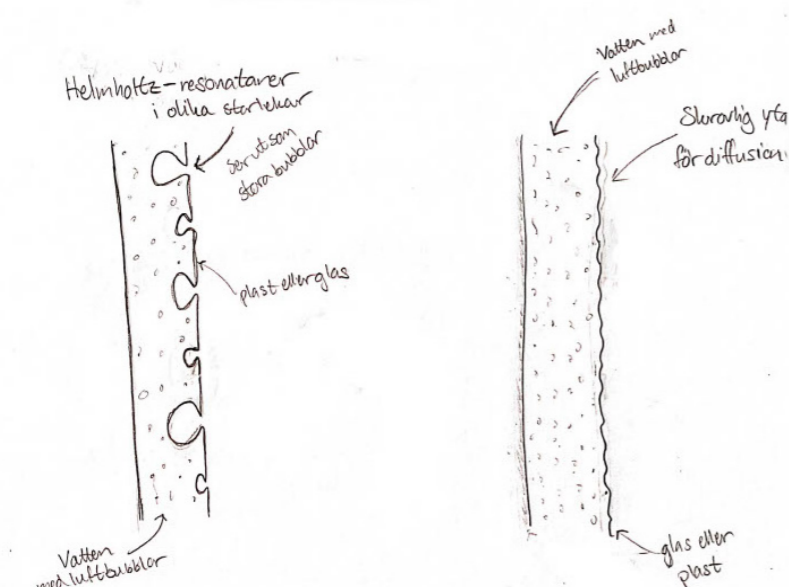
Initial time delay & sound strength

Distance (m)	ITDG (ms)	G (dB)
11	3.5	6.3
12	13	6.2
17	18	5.8
28	2.9	4.2
32	1.9	3.5

Arkitektur och akustik

Det var roligt att arbeta med arkitektur och akustik tillsammans och spännande att undersöka möjligheterna för integration av de två. Det var också spännande att diskutera när arkitekturen ska få styra och akustiken anpassas respektive när akustiken blir styrande och arkitekturen får anpassas. Dessa diskussioner hade i vårt fall, vid mer tid, gått att dra mycket längre och integrationen hade kunnat utforskas och skapa fler spännande idéer till rum och upplevelser.

Vi fick under kritiken frågan om vi hade arbetat med att få ljudet i musiksalen att låta som att man är under vatten. Det var något vi inte tänkt på och jag tror det hade varit häftigt att utforska, dels vilka akustiska egenskaper man vill åt, dels hur det skulle påverka upplevelsen av musiken.



Skisser på alternativ för den vattenfyllda väggen med bubblor inuti operasalen och dess akustiska egenskaper.



Skisser på akustiska prototyper för operasalen

Arkitektur och ljus, klimat och konstruktion

Att få arkitekturen och akustiken att fungera ihop med vattnet har varit vårt huvudfokus under projektet och det har tagit mycket tid. Vi har därför inte fokuserat lika mycket på att integrera effektiva lösningar för ljus, klimat och byggnadens struktur i projektet. Men det har varit väldigt spännande att arbeta med det och vi har kunnat utnyttja vatten som kylning, kronblad som solavskärmning och dagsljus som belysning i operasalen. Det är många idéer som vi inte har haft tid att utforska ordentligt, till exempel blombladen och hur man kan få dem till att fånga in vind och använda till naturlig ventilation i lobbyn, något som hade varit väldigt spännande att jobba vidare med.

Något annat vi hade kunnat jobba vidare med var ljuset. Vi fick under kritiken höra att vi kan få problem med att reglera ljuset i operasalen när vi har glastak upp mot vattnet. Detta hade vi inte reflekterat över och en effektiv lösning med en panel eller ett annat sätt att reglera ljusinsläppet i rummet är en utvecklingsmöjlighet.

Byggnadens konstruktion har vi inte heller haft tid att gå in i detalj på, med det finns stora möjligheter att undersöka mer hur en undervattensstruktur är konstruerad och hur man skulle kunna få det att flyta på enklast sätt. Att på ett enkelt sätt förmedla detta i presentationen är också något som hade kunnat utvecklas.

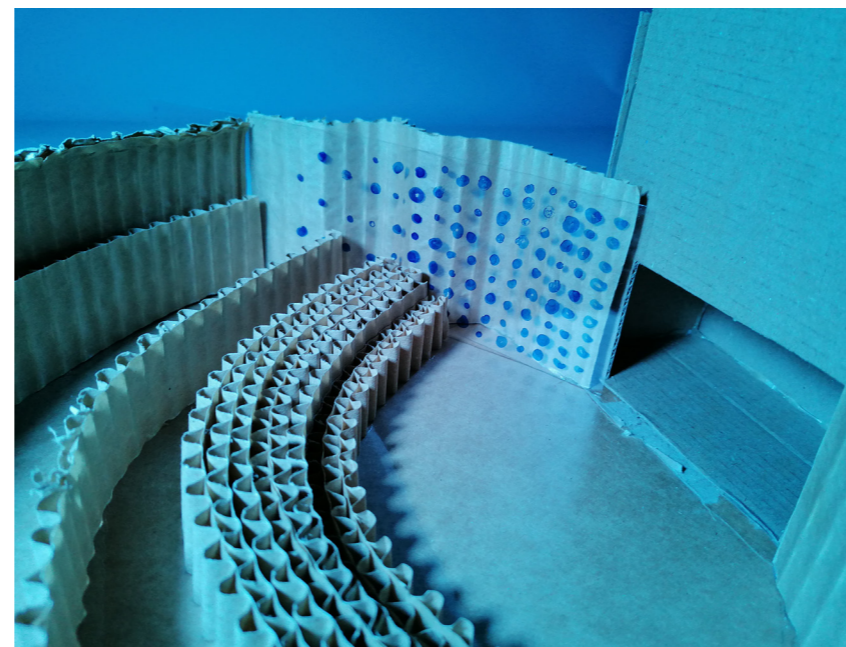


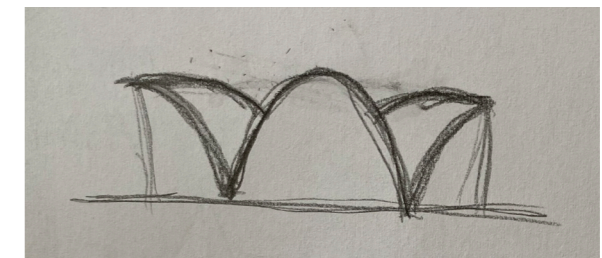
Bild av en fysisk modell som gjordes för att undersöka operasalens form och hur ljuset genom vattnet skulle kunna upplevas i rummet.

Designprocessen

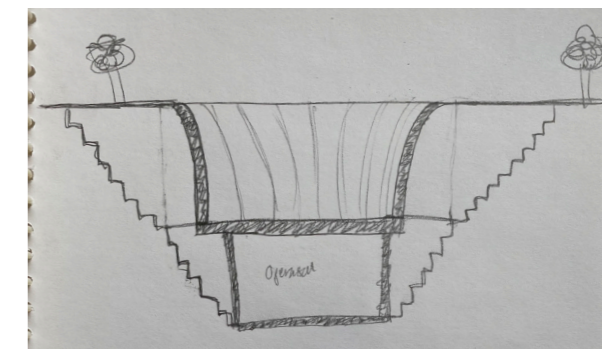
Under arbetsprocessens gång har de flesta beslut diskuterats fram tillsammans i gruppen. Oftast har olika förslag lagts fram, fördelar och nackdelar framförts och ett beslut fattats gemensamt. Arbetsuppgifter har fördelats mellan oss och sen har resultatet av det egna arbetet visats upp för gruppen med plats för kommentarer och frågor. Vi har genom arbetet försökt att hitta kvaliteter, förena och kompromissa våra olika idéer och förslag för att alla ska känna sig delaktiga.

Vi har arbetat med en iterativ designprocess där vi ofta gått tillbaka och skissat fritt för att öppna för kreativitet och inte fastna i gamla hjulspår under utvecklingsarbetet. Arbetsklimatet har varit väldigt öppet och alla förslag har lyfts fram och diskuterats, även de "lite galna". Detta arbetsklimat tror jag har bidragit mycket till att vi beslutade oss för att utforska vatten som akustiskt hjälpmedel, något som inte verkar vara så vanligt och där det inte finns så mycket referenser.

Kvaliteter från tre tidiga koncept som inarbetats i slutprojektet:



Vi diskuterade tidigt att vi ville skapa en monumental byggnad som blir central på campus.



Från tidigt koncept med nedgrävd operasal. Rörelse neråt till musiksalen finns kvar i vårt slutprojekt.

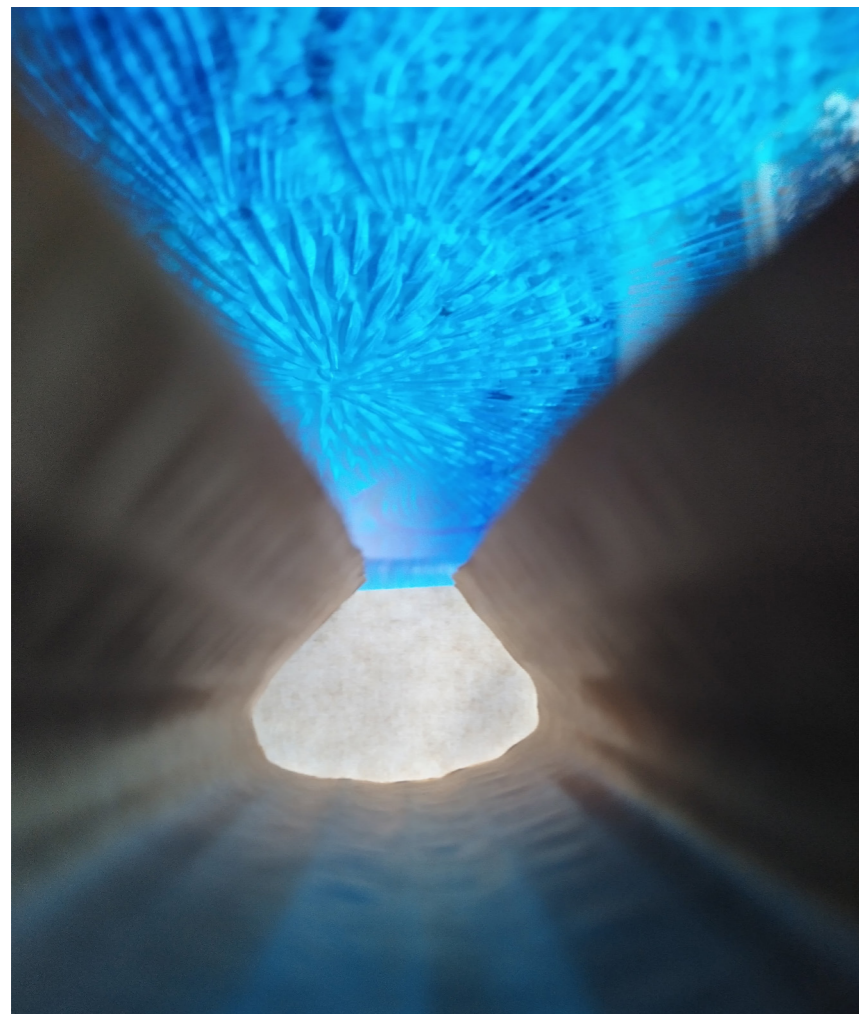


Från vårt koncept med skog som inspiration. Här skulle trädskronorna synas i taket men det blev istället näckrosblad i taket på operasalen.

Samarbete i gruppen

Samarbetet i vår grupp har fungerat väldigt bra. Gruppdynamiken har varit god och vi har kompletterat varandra bra gällande intressen och kompetenser. Vi har alla tagit ansvar, kunnat arbeta enskilt men också diskutera fram gemensamma beslut på ett konstruktivt och givande sätt. En grundsten i vårt goda samarbete tror jag ligger i att vi tidigt samtalade om vad vi hade för visioner och mål med projektarbetet. Vi diskuterade också hur vi blir när vi blir stressade och hur vi då kan bemöta och hjälpa varandra för att mildra stressen och komma framåt.

Arbetet över discipliner har också fungerat bra och varit mycket givande. Kommunikationen och organisationen har varit god och vi har alla strävat mot tydliga, gemensamma mål. Det har varit spännande att arbeta med människor som har olika inriktningar och att förena all kunskap till ett fungerande och trevligt projekt. Ibland kunde det bli missar i ordval och kommunikation, men det gav viktiga lärdomar och jag utvecklade min förmåga att uttrycka idéer till människor både inom branschen och utom branschen.



Ett tidigt fotografi på upplevelsen av vatten som tak. Denna bild har varit inspiration genom hela projektet och visar på den upplevelse vi har försökt skapa i operasalen.

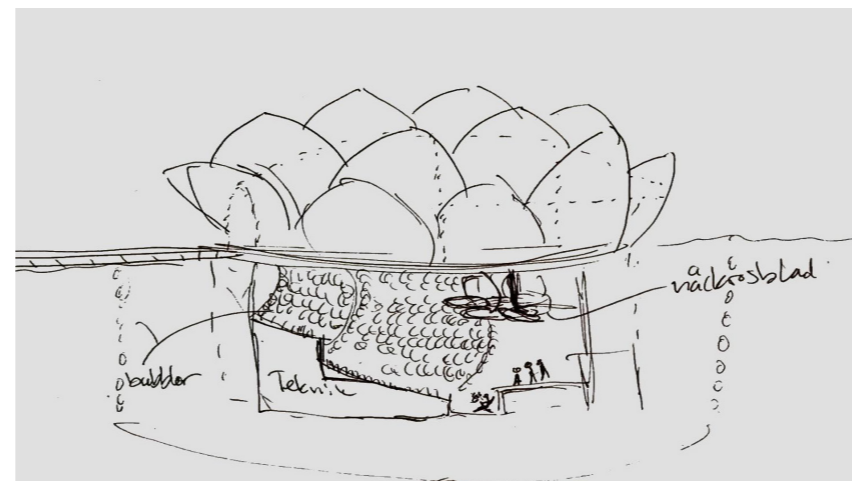
Personlig utveckling

Min personliga utveckling efter detta projekt är stor. Arbetet har varit fyllt av glädje, nyfikenhet och roliga utmaningar.

Jag tycker själv att jag har utvecklat min förmåga att kommunicera med människor som inte är insatta i ett projekt och med människor som endast är delaktiga i vissa delar av projektet. Organisatoriskt ser jag också en utveckling där dagliga avstämningar och gemensam planering har gjort stor skillnad i grupparbetet. Jag som tycker om projektledning och att organisera har uppskattat att jobba i en lite större grupp med fyra gruppmedlemmar för att utveckla och få mer erfarenhet inom detta område. Arbetet över disciplinerna har också varit väldigt givande då det gett mig större förståelse för hur stort och komplext ett byggprojekt är och hur viktigt det är med fungerande kommunikation, organisation och ledning.

Ur ett arkitektoniskt perspektiv har det här projektet hjälpt mig att utveckla min förmåga att våga arbeta konceptuellt och inte ha svar på allt från början. Jag har arbetat för att ytterligare utvidga min inre box och våga framföra och testa mer innovativa idéer. Det har varit kul och utvecklande att undersöka och underbygga argument för att kunna föra en argumentation om ens idé.

Vi har arbetat med vatten och akustik, något som inte verkar vara så vanligt för operahus. Det har varit väldigt spännande och lärorikt att arbeta med något som inte är så väletablerat och att leta upp olika sätt att lösa problem som uppstår, både akustiskt och konstruktionsmässigt, utan att för mycket kompromissa med vårt koncept. Det här projektet har verkligen satt kombinerandet av arkitektur och ingenjörsskunkaper på sin spets och det har varit otroligt roligt att få använda alla sina kunskaper från utbildningen och arbeta in i de olika delarna i projektet.



Konceptuell skiss över byggnaden med bubbelgardin, näckrosblad i taket samt bubbelvägg i salen.

