

# UNDER THE CANOPY

AN ACOUSTIC JOURNEY UNDER THE TREE CROWNS



<b>Kurs</b>	Kandidatarbete I Arkitektur och teknik
<b>Grupp</b>	Ellen Nyholm och Mattias Österman tillsammans med Jesper Lennartsson (akustik)
<b>Lärare</b>	Morten Lund, Peter Christensson och Wolfgang Kropp
<b>Program</b>	Gestalta en teater med plats för 700 personer. Teatern ska vara anpassad för dramaföreställningar och musikalerna. Utöver detta ska delar av anläggningen även kunna hyras ut för andra aktiviteter, så som möten, lunch- och middagsevanemang. Projektets program utgår från en studenttävling, 2022 ASA Student Design Competition, utlyst av Acoustical Society of America. Utöver arkitektoniska kvaliteter lägger tävlingen stort fokus på byggnadens akustik. Arbetet genomfördes i grupp om tre, två arkitekturstudenter tillsammans med en student från mastersprogrammet Sound and Vibration, vid avdelningen för teknisk akustik.

# PRESENTATION

Nedan visas planscherna som presenterades under kritikdagarna. Dessa har senare omarbetats något för att möta tävlingskraven, då vårt projekt var 1 av 6 som blev utvalt till att delta. Bland annat har vi valt att bearbeta perspektiven.



## CONCEPT

*Under The Canopy* is inspired by the forest, the spaces and the light play that appear under the tree canopy. Visiting the building is a journey where you get further and further into the woods.

The building is constructed mostly with a pillar system, where the pillars make out the trunks of our "trees". Light is brought in from above, filtered from the tree crowns. To make the building energy efficient, the treetops are covered in translucent solar panels. The panels both soften the light and prevent direct sunlight at the same time as it takes advantage of the solar energy to power the building. The big windowed areas on both walls and roof withdraw the need for artificial lighting during the day.

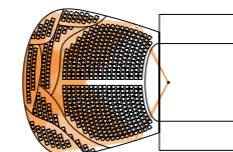
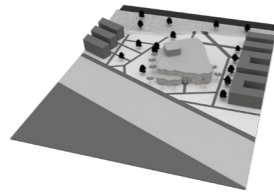
The journey begins already when you enter the site where the trees within the building can be seen through the glass facade. A few trees are also placed outside the building, creating spaces for outdoor seating sheltered from rain or direct sunlight. The lobby welcomes the guests in under the canopy. The journey has its climax in the auditorium whose character appears as the inside of a tree with its panels going all the way up in the ceiling and walls.

## SITE

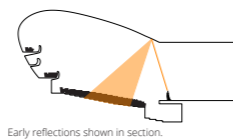
The theatre is placed in a non determined urban environment. Surrounding the building is park areas and the south part of the building faces a body of water. On the north side, approximately 60 meters away from the facade, a major 6-laned highway burns through the site.

While the noise level at the facade is rather low as is, around the level of conversational speech, a barrier is built next to the highway to further lower the level. Behind the barrier there will be soft ground, in the shape of a hill leaning towards the barrier, to help with ground reflections. The park with its hill also creates a public area around the building. The hill has one more purpose, to serve as a parking garage which is buried inside. It's important to note that sound barriers are less effective at low frequencies. Thus, the entrance is placed at the far side of the building away from the highway. With the help of the barrier the sound level at the facade is estimated to be neat or at the background level for an urban environment, around 50 dB.

To minimize the effect of the chiller, with regards to the sound level. Aside from placing it far from sensitive areas, the chiller is enclosed with a soundproof box lined with soundproofing material. With this in place the chiller should not affect the theatre nor the neighbors.



Early reflections shown in plan.

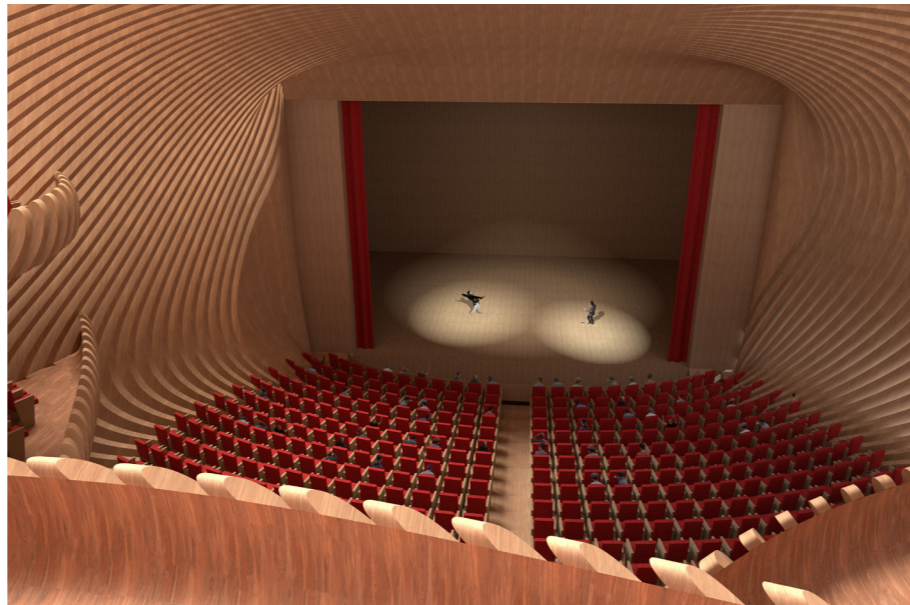


Early reflections shown in section.

## SITE SECTION 1:500



# UNDER THE CANOPY



## AUDITORIUM

The auditorium is the heart of the building. It is mainly used for theatre plays, but flexible in its usage. Visitors can enter the room from several entrances. Most of the seating is placed on the floor level, but several different balconies create more seating areas where some are more private than others. The shape of the inner volume is non-symmetrical and the balconies are irregularly placed to create a natural feel.

The inner wall and roof in the auditorium is made of wooden panels with an irregular design. This does not only help with absorption but also creates a diffuse field. A big skylight behind the roof panels lets soft light in welcoming the light play from the canopy in in this room too. Unlike in the other rooms, the theatre hall has the possibility to close the window and shut light out if desired. The wall is constructed as a double wall structure with an additional layer of wooden panels on the auditorium side. The wall behind the panels is movable and can retract from the standard position. Utilizing this, the volume of the hall can be altered and with that the reverberation time. The movable wall will have additional absorption on its surface. This will not be visible to the audience since it's hidden behind the panels.

In order to facilitate early reflections, at strategic points there will be flat angled panels. There will also be LED lamps hidden inside the groves of the panel structure, which will provide additional reflectivity.

## VARIABLE ACOUSTICS

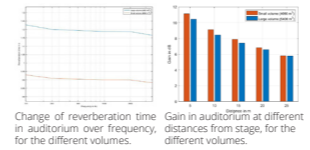
In order to accommodate different kinds of performances, the theatre hall is designed to have multi purpose functionality. To achieve this, the ability to control the acoustic environment, to make the acoustics fit the performance, is important. This is made possible due to interchangeable reverberation time which covers a range between 0.9 to 1.2 s. Even higher reverberation time can be achieved with loudspeaker assistance.

The higher value 1.2 s of reverberation time is designed to fit musicals and utilizes the full volume of the theatre hall (5400 m<sup>3</sup>). When there is a need for a lower reverberation time, as for the theatre plays, the volume of the room will be reduced to 4090 m<sup>3</sup>. The reduction comes from both the musical pit being raised to floor level and from shifting the movable wall behind the wooden panels.

## ITDG

In order to obtain a good intelligibility, the initial time delay gap will be kept rather short, with a range of 10 to 25 ms and at least 60% of the sound energy reaching the audience within 50 ms. This way, the reflections will provide good intelligibility even without help from direct sound. Furthermore the clarity will also be in a good range as a result. As a result of the fact that there is more power in the early reflections contra the later ones, the audience will experience a higher level of intimacy then if there was less energy in the early reflections.

The gain of the auditorium is between 5.8 and 11.1 dB for the smaller configuration used for theater and between 5.7 and 10.5 dB for the larger configuration for the musical as illustrated in the figure.

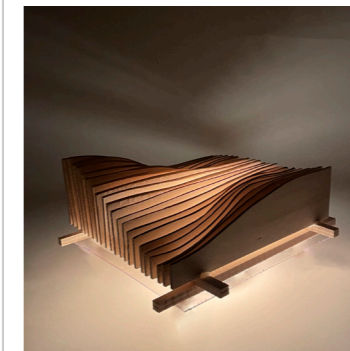


## LOBBY AND OTHER SPACES

The lobby is acoustically designed for smaller and more intimate conversations. The tree structure creates different rooms within the room. This design makes it perfect for mingles, receptions, launch events etc. Adjacent to the lobby there is a restaurant, an addition that makes the space optimal for renting out or used for dining, lunch or a Sunday brunch.

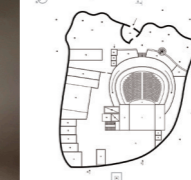
A large section of the lobby walls will be made from glass. Therefore, a soft carpet is added to the floor in order to increase the absorption of the room in order to combat the reflectiveness of the glass walls and keep the reverberation time at 0.9 s. The remaining part of the wall will be made out of wood, and the ceiling will have the same design as the auditorium, letting soft shafts of light down through the canopy panels.

The other less sensitive spaces of the building will mainly be dealt with in a similar fashion to the lobby with absorption on the walls, ceiling and soft material on the floor. There will also be sufficient reduction between the rooms. In order to lessen the bleeding of noise from the noisier rooms the hallways will have shielding elements.

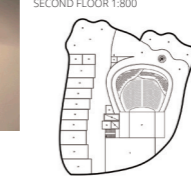


Physical model of panel design.

## FIRST FLOOR 1:800



## SECOND FLOOR 1:800



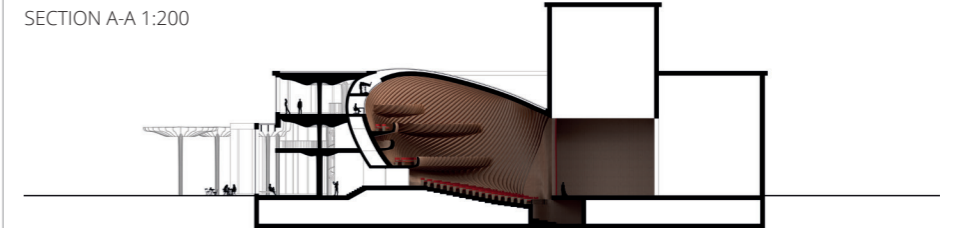
## FIRST AND SECOND FLOOR

1. Stage (12x12 m)
2. Right wing (4.5x12 m)
3. Left wing (4.5x12 m)
4. Orchestra pit (21 m<sup>2</sup>)
5. Scene shop (305 m<sup>2</sup>)
6. Off stage quick WC (5.5 m<sup>2</sup>)
7. Loading dock
8. Dressing room conductor (27 m<sup>2</sup>)
9. Green room (49 m<sup>2</sup>)
10. Lighting and audio room (29 m<sup>2</sup>)
11. Wig and make up (27 m<sup>2</sup>)
12. Storage and repair room (27 m<sup>2</sup>)
13. Rack room (22 m<sup>2</sup>)
14. Rehearsal and warm-up (244 m<sup>2</sup> with 12x12 m stage)
15. WC men (3.7x15 m)
16. WC women (5x15 m)
17. WC unisex (5 m<sup>2</sup>)
18. Elevator
19. Wardrobe (47 m<sup>2</sup> +44 m<sup>2</sup>)
20. Lobby (337 m<sup>2</sup>)
21. Box office (23 m<sup>2</sup>)
22. Restaurant/café (379 m<sup>2</sup>)
23. Public entrance
24. Staff entrance
25. Ventilation shaft (29 m<sup>2</sup>)
26. Chiller placed in a mechanical yard 4.6 m from the outside facade.
27. Stage tower (12x12 m)
28. Prop pantry (12 m<sup>2</sup>)
29. Dressing room chorus (77 m<sup>2</sup>)
30. Dressing room staff (56 m<sup>2</sup>)
31. Costume shop (70 m<sup>2</sup>)
32. Wig and make up (27 m<sup>2</sup>)
33. Dressing room conductor (27 m<sup>2</sup>)
34. Staff lunch/rest area (297 m<sup>2</sup>)

## OTHER FLOORS

On the third floor there is space for a follow spot booth (22 m<sup>2</sup>), in-house audio mix position (6 m<sup>2</sup>) and lighting and stage manager control room (28 m<sup>2</sup>). The building also has a basement including the MEPFIT rooms (mechanical, electrical, plumbing, fire, protection and IT) (300 m<sup>2</sup>). These spaces are presented in the section below. Outside air is taken in from the south-east part of the building. The air is then led through to the air handlers in the basement and taken out on the other part of the building, facing the highway where the chiller is placed.

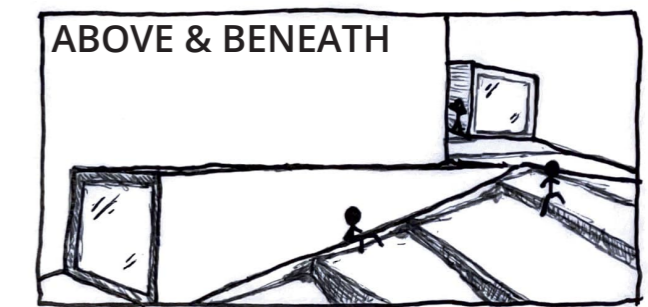
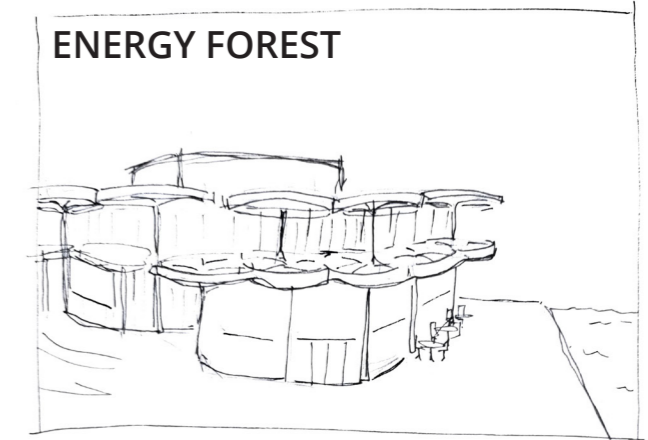
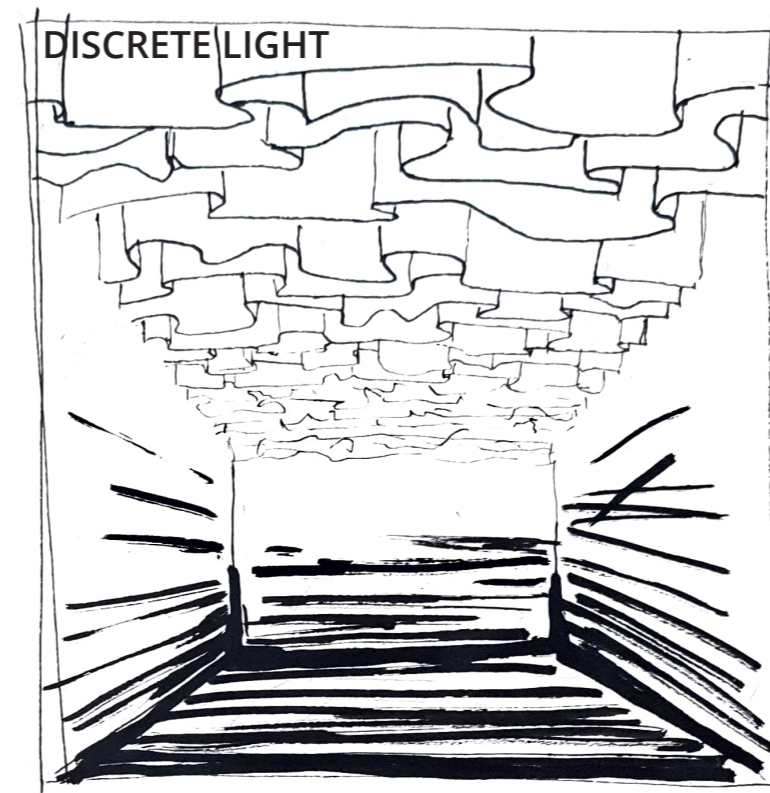
## SECTION A-A 1:200



# DESIGNPROCESSEN

## TRE KONCEPT

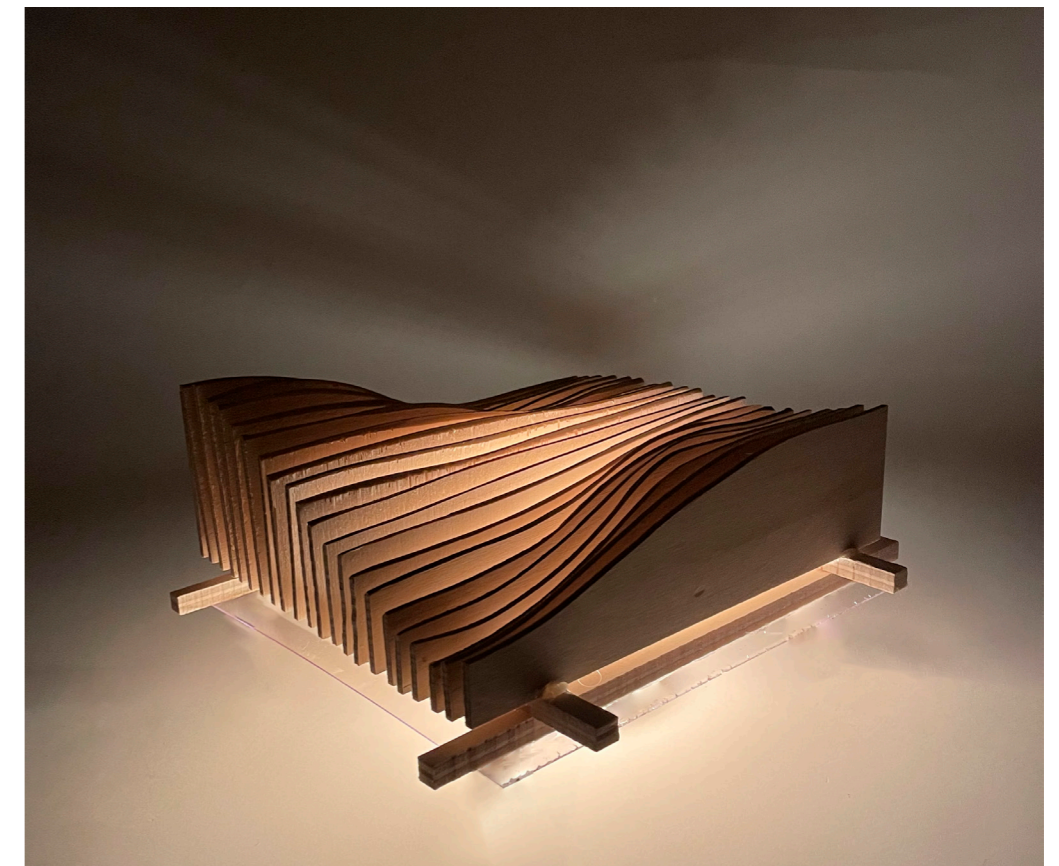
Utifrån skissande och att par inledande övningar fick vi i uppgift att baserat på tävlingsprogrammet ta fram tre olika koncept för vår teater. I detta steg låg fokus på att genom den rumsliga designen integrera akustiken med arkitekturen. Med hjälp av inspirationsbilder och iterativt skissande kom vi fram till tre olika koncept: Discrete light, Energy forest och Above and beneath. Våra tre koncept presenterades för klasskamrater och lärare men det var även under denna presentationen vi träffade Sound and Vibration-studenterna för första gången. Med våra presentationer som underlag fick de sedan önska grupper och vi parades ihop med var sin akustiker.



## PROTOTYPER

I nästa steg fick vi en uppgift att tillsammans, i vår nybildade grupp om tre, utveckla tre stycken multifunktionella, integrerade designlösningar. Kriterierna som undersöktes var akustiken, den bärande konstruktionen, dagsljus och klimat. Syftet med detta var att genom integrerad design och smarta tekniska lösningar gestalta ett hållbart projektförslag.

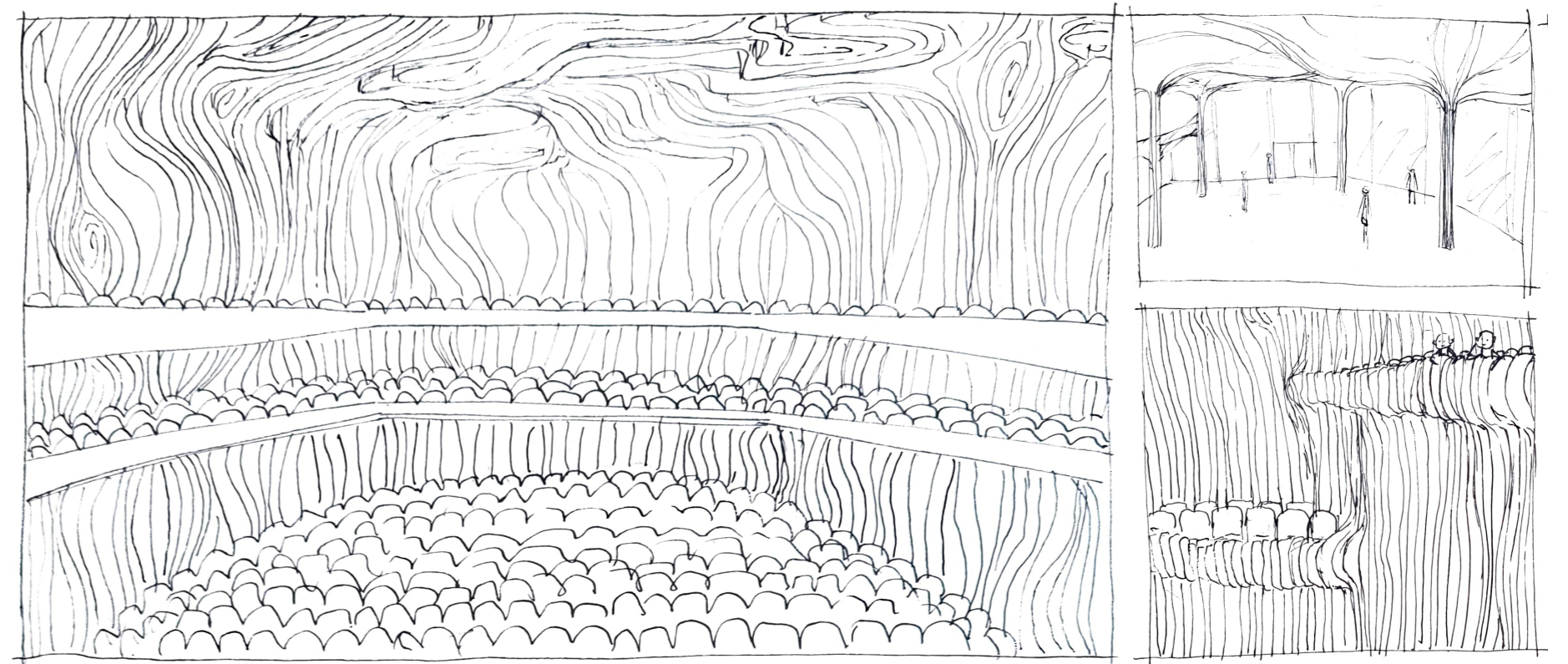
Denna uppgift blev ett viktigt steg för oss på vägen mot vårt slutgiltiga förslag, då det var här vi designade panellösningen som är kärnan i vårt koncept. Här integreras både akustik, konstruktion och dagsljus. Vi hade även en idé om en skjutbar absorberande platta bakom panelerna för att ändra akustiken i teatersalen. Detta förslag obearbetades senare, och samma funktion uppnås istället genom en flyttbar vägg bakom panelerna i teatersalen. Genom att väggen flyttas ändras teatersalens volym och därmed även efterklangstiden. Vi gjorde också ett designförslag för "base traps" som skulle fånga upp lågfrekventa ljud. Dessa uteblev från det färdiga projektet då vi efter samtal med vår akustiker insåg att det skulle krävas väldigt många för att de skulle fylla sin funktion, och problemet löstes istället på annat sätt.



# DESIGNPROCESSEN

## VAL AV KONCEPT

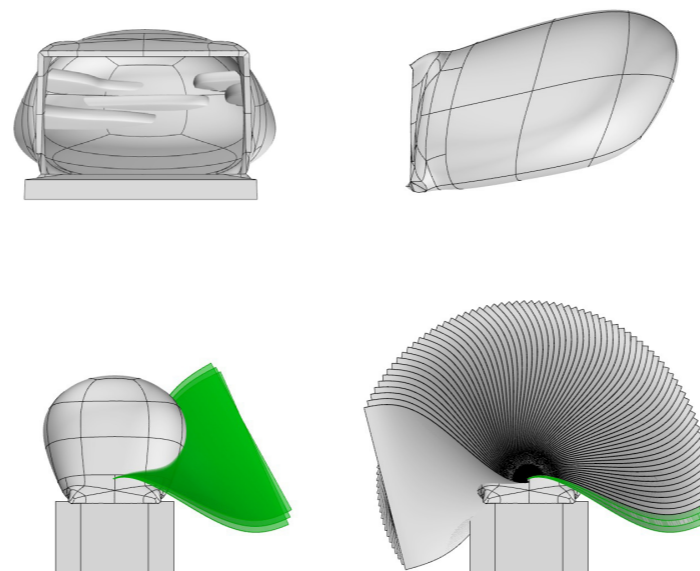
Nästa steg i designprocessen var att utifrån de tre olika koncepten och våra tre prototyper bestämma oss för ett designkoncept för projektet. Vi beslöt oss för att gå vidare med våra träd från konceptet Energy forest, men ville samtidigt inte släppa ljuset från Discrete light. Resultatet blev en kombination av de två koncepten där vi omarbetade designen från ljus-konceptet för att passa en mer organisk och trädlik struktur. Detta tillsammans med vår pannedesign-prototyp bildade ett starkt koncept som vi kände oss stolta över och valde att gå vidare med, och som fick styra utformningen av byggnaden.



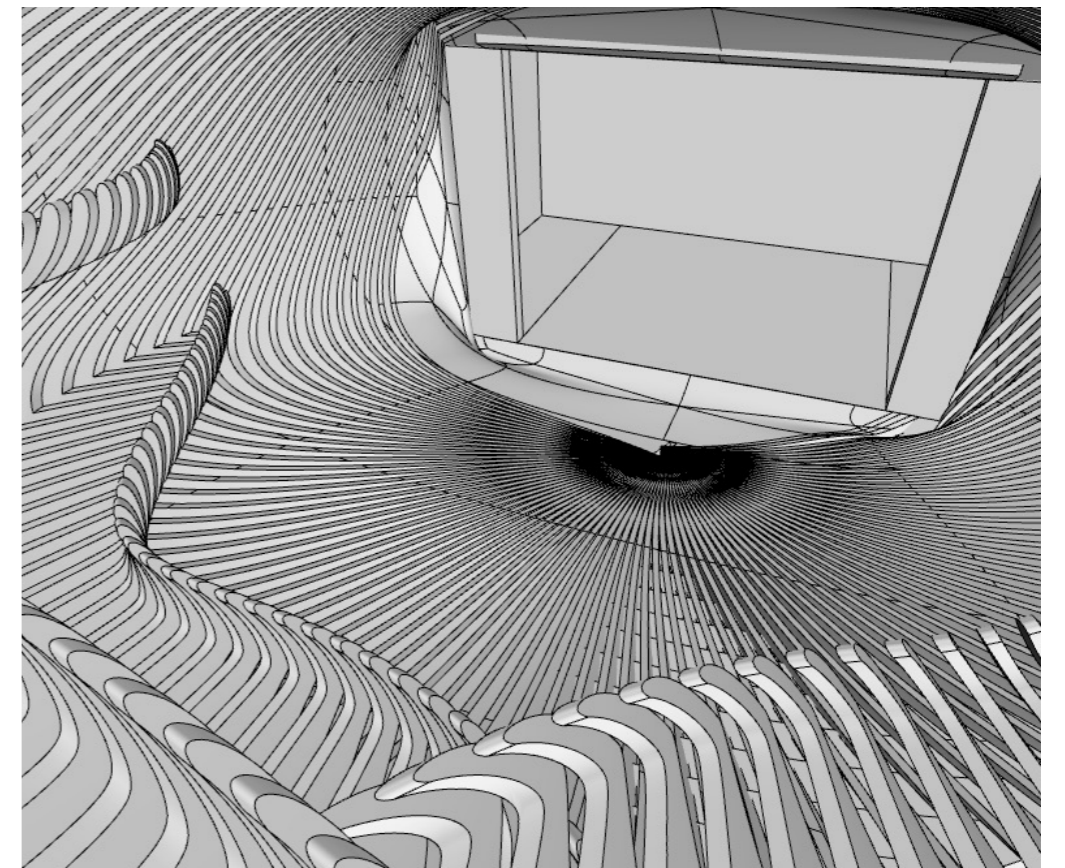
## SKISSANDE OCH MODELLERING

Valet av koncept innebar ännu mer itererande skisser. Hittills hade vi mest arbetat för hand med penna och papper, och även vissa 2D-ritningar digitalt. Nu kände vi att det var dags att modellera i 3D. Här stötte vi på motgångar. Våra organiska och lekfulla former utmanade oss ordentligt när vi skulle försöka översätta tankar, idéer och skisser till en digital modell. Vi fick till det ganska bra ändå till slut men jag skulle absolut säga att begränsningarna i programmen styrde designen väldigt mycket, vilket känns lite tråkigt.

Detta var något vi diskuterade under en av kritikdagarna då fokus låg på processen. En av våra kritiker tipsade om att "Go hybrid!". Med detta menade hon att vi inte borde ha låst oss vid att modellera allt digitalt, utan istället presenterat konceptet med hjälp av ett collage av skisser, modeller och modelleringar. Om man begränsas av metoden man valt behöver man kanske hitta andra vägar. Detta var något som fastnade hos mig och som jag kommer ta med mig i framtida projekt.



Boolean intersection failed.



# RESULTAT

## KONCEPT

Under The Canopy är inspirerad av skogen, med dess rumsligheter och ljusspel som skapas under trädkronorna. Ett besök i byggnaden är en resa där du vandrar längre och längre in bland träden.

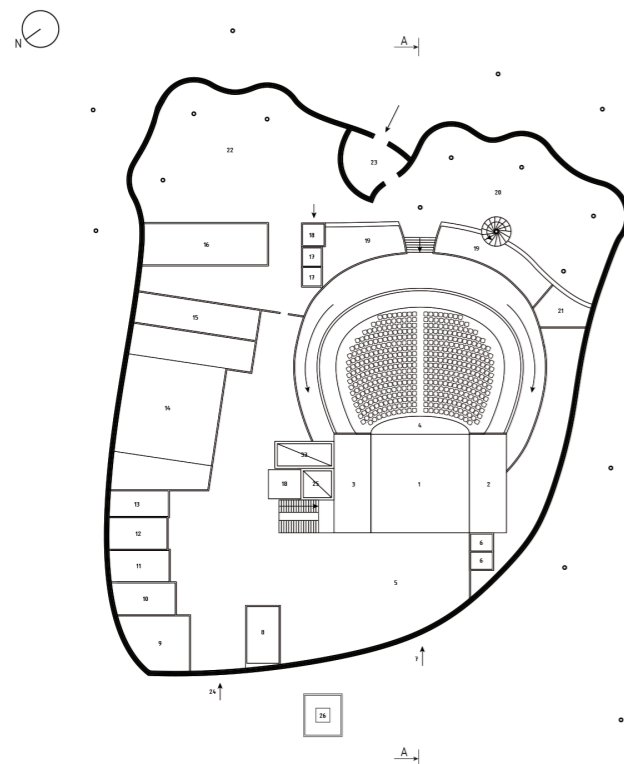
Byggnaden struktur utgörs till största delen av ett pelarsystem, där pelarna utgör stammar på våra "träd". Ljus förs in från ovan, silande genom en panelstruktur som representerar trädkronorna. För att göra byggnaden energieffektiv är trädtopparna täckta av genomskinliga solpaneler. Panelstrukturen i taket förhindrar direkt solljus, och tillsammans med solpanelerna som både skapar ett mjukare ljus och utnyttjar solenergin för att driva byggnaden skapas ett behagligt och effektfullt ljusspel i rummen.

Resan börjar redan på avstånd då man närmar sig platsen där träden i byggnaden syns genom glasfasaden. Ytterligare ett antal träd är placerade utanför byggnaden. Dessa skapar utrymmen för sittplatser utomhus i skydd mot regn eller direkt solljus. Lobbyn välkomnar gästerna under trädkronorna. Resan når sin höjdpunkt i auditoriet vars karaktär påminner om insidan av ett träd med dess panelstruktur som går hela vägen upp i tak och väggar.

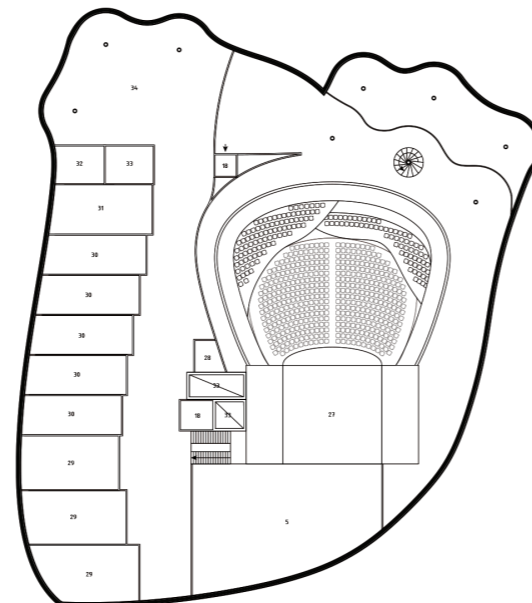


## PLAN

### FIRST FLOOR



### SECOND FLOOR



### FIRST AND SECOND FLOOR

1. Stage (12×12 m)
2. Right wing (4.5×12 m)
3. Left wing (4.5×12 m)
4. Orchestra pit (21 m<sup>2</sup>)
5. Scene shop (305 m<sup>2</sup>)
6. Off stage quick WC (5.5 m<sup>2</sup>)
7. Loading dock
8. Dressing room conductor (27 m<sup>2</sup>)
9. Green room (49 m<sup>2</sup>)
10. Lightning and audio room (29 m<sup>2</sup>)
11. Wig and make up (27 m<sup>2</sup>)
12. Storage and repair room (27 m<sup>2</sup>)
13. Rack room (22 m<sup>2</sup>)
14. Rehearsal and warm-up (244 m<sup>2</sup> with 12×12 m stage)
15. WC men (3.7×15 m)
16. WC women (5×15 m)

17. WC unisex (5 m<sup>2</sup>)
18. Elevator
19. Wardrobe (47 m<sup>2</sup> +44 m<sup>2</sup>)
20. Lobby (337 m<sup>2</sup>)
21. Box office (23 m<sup>2</sup>)
22. Restaurant/café (379 m<sup>2</sup>)
23. Public entrance
24. Staff entrance
25. Ventilation shaft (29 m<sup>2</sup>)
26. Chiller placed in a mechanical yard 4.6 m from the outside facade.
27. Stage tower (12×12 m)
28. Prop pantry (12 m<sup>2</sup>)
29. Dressing room chorus (77 m<sup>2</sup>)
30. Dressing room staff (56 m<sup>2</sup>)
31. Costume shop (70 m<sup>2</sup>)
32. Wig and make up (27 m<sup>2</sup>)
33. Dressing room conductor (27 m<sup>2</sup>)
34. Staff lunch/rest area (297 m<sup>2</sup>)

### OTHER FLOORS

On the third floor there is space for a follow spot booth (22 m<sup>2</sup>), in-house audio mix position (6 m<sup>2</sup>) and lighting and stage manager control room (28 m<sup>2</sup>). The building also has a basement including the MEPFIT rooms (mechanical, electrical, plumbing, fire, protection and IT) (300 m<sup>2</sup>). These spaces are presented in the section below. Outside air is taken in from the south-east part of the building. The air is then led through to the air handlers in the basement and taken out on the other part of the building, facing the highway where the chiller is placed.

# RESULTAT

## LOBBY

Lobbyn är akustiskt utformad för mindre och mer intima samtal. Träd-pelar-strukturen skapar olika rum i rummet. Denna design gör den perfekt för mingel, mottagningar, lanseringsevenemang etc. I anslutning till lobbyn finns en restaurang, ett tillägg som gör utrymmet optimalt för uthyrning eller för middagar, luncher eller en söndagsbrunch. Taket i lobbyn har samma design som auditoriet och släpper, likt trädskronor i en skog, igenom mjuka ljusstrålar genom panelerna.

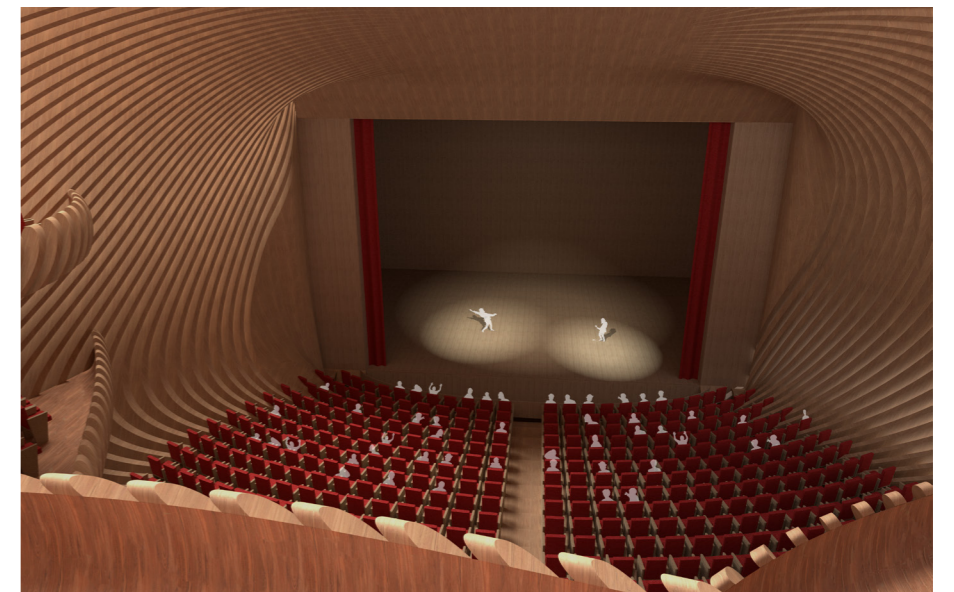


## AUDITORIUM MED VARIABEL AKUSTIK

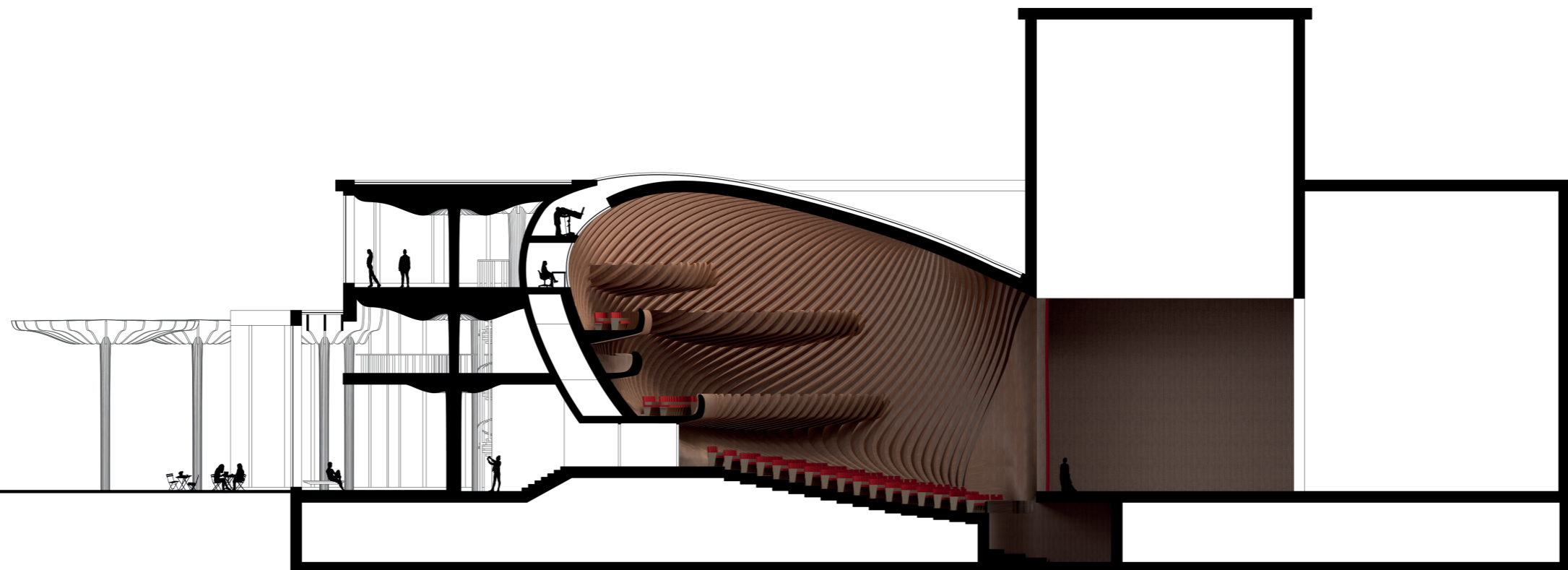
Auditoriet är hjärtat i byggnaden. Den är designad för teaterpjäser, men är flexibel och kan anpassas för en ljudmiljö mer passande för musikaler. De flesta sittplatserna är placerade på golvnivå, men flera olika balkonger skapar ytterligare sittplatser där vissa är mer privata än andra. Formen på den inre volymen är osymmetrisk och balkongerna är oregelbundet placerade för att skapa en organisk känsla.

Innerväggen och taket i aulan är gjorda av träpaneler med oregelbunden design. Detta hjälper inte bara till med ljudabsorptionen utan skapar också ett diffuserande fält. Ett stort takfönster bakom takpanelerna släpper in ett mjukt ljus som välkomnar ljusspelet från trädskronorna in även i detta rum. Till skillnad från i övriga rum har teatersalen möjlighet att täcka fönstret och stänga ute ljus om så önskas. I väggstrukturen göms LED-lampor i luckorna mellan panelerna, för att uppnå samma effekt. Lamporna utgör också reflekterande ytor för ljudet, vilket behövs för att behålla en hög energinivå hos ljudet i hela lokalen.

Väggarna i salen är uppbyggda av en dubbel väggkonstruktion. Väggen bakom panelerna är flyttbar och kan dras in från standardläget. Med hjälp av detta kan hallens volym ändras och därmed även efterklangstiden. Det högre värdet 1.2 s efterklangstid är utformad för att passa musikaler och utnyttjar teatersalens fulla volym (5400 m<sup>3</sup>). När det finns behov av lägre efterklangstid, vid en teaterpjäs utan orkestermusik, kan rummets volym minskas till 4090 m<sup>3</sup> vilket ger en efterklangstid på 0.9 s. Denna ändring är inte synlig för publiken eftersom den extra volymen är gömd bakom panelerna.



SECTION A-A



# REFLEKTION

## ARKITEKTUR OCH AKUSTISK DESIGN

Över lag känner jag mig nöjd och stolt över vårt projektförslag. Jag tycker att vi lyckades med panelerna och dess ljusspel både som arkitektoniskt och akustiskt koncept. Detta är vår största styrka i projektet, och särskilt gällande auditoriet tycker jag vi lyckades presentera ett bra, genomarbetat designförslag. Kritikdagarna gav mycket lärdomar och inspiration och det känns kul att vår grupp får möjligheten att få stöd i en extra iteration av projektet, i och med att vi blev utvalda till att delta i tävlingen.

Gällande byggnaden som helhet kan jag känna att vi inte riktigt hann knyta ihop säcken helt och hållet. Jag ser förbättringspotential i hur konceptet kan implementeras mer även där. Rummen runt om auditoriet och lobbyn fick formas utefter dem. Framförallt planlösningen var något vi kämpade ganska mycket med. Jag tror att i och med att platsen var ospecificerad och vi hade så fria tyglar hade vi inte så mycket att förhålla oss till. Kanske hade det varit lättare att motivera en design om vi hade satt upp lite mer regler för oss själva i detta, för att ha något att utgå från. I en vidareutveckling av projektet hade jag gärna arbetat vidare med att skapa en ännu mer sammanhängande plan och volym i byggnaden som helhet.

Med tanke på tidsramen och den omfattande programskrivningen tycker jag ändå vi prioriterade vår tid väl och lyckades presentera ett spännande projekt med många arkitektoniska och akustiska kvaliteter.

## SAMARBETE MED TEKNISK AKUSTIK

Kandidatarbetet är vårt första projekt där vi har samarbetat tvärvetenskapligt med en annan avdelning. Det var utmanande men också väldigt lärorikt och givande. Vår akustiker har läst tre år på ingenjörsprogrammet för samhällsbyggnad innan han började akustik-mastern. Denna bakgrund är egentligen ganska likt vår, då vi läser nästan hälften av våra kurser tillsammans med dem under kandidaten. Trots detta märkte vi tidigt att vi hade ganska olika inställning gällande design. Akustikern var mer inställd på funktion redan i tidigt i projektet, medan vi andra två snarare ville vara lite naiva och kreativa i det stadiet och istället senare konkretisera projektet till något konstruerbart.

I början blev det lite missförstånd ibland, men med tiden tycker jag vi lärde oss att vara tydligare med vissa saker som kanske känns självklart för den ena men inte för den andra. Det var väldigt givande att öva på att argumentera för sina idéer och lösningar för en person med en annan utbildningsbakgrund och ett annat fokus än en själv. Detta känns som en viktig lärdom som jag kommer ta med sig ut i arbetslivet, där jag antar att man ständigt möter denna utmaning.

## DESIGNMETOD

Inledningsvis i projektet fick vi deluppgifter, för att hjälpa vår designprocess på vägen. Jag upplever att detta upplägg fungerade bra för vår grupp. Att rita en hel teateranläggning är ett väldigt omfattande uppdrag och det kan vara svårt att veta vart man ska börja. Jag tycker vi fick bra guidning i detta.

Ett exempel på ett viktigt steg i processen är prototyperna för integrerade designlösningar. I slutet av projektet ser jag tydligt vilken stor roll denna deluppgift spelade för det slutgiltiga resultatet, både för vår grupp men också för många av våra klasskamrater. Att ha med sig smarta integrerade lösningar så pass tidigt i processen skapade verkligen möjlighet göra dessa till en del av konceptet och projektet i stort, istället för att det skulle komma till senare och riskerats uppfattats som en påklistrad efterkonstruktion.

Ett annat avgörande steg vi tog i processen är valet av presentationsmaterial, som jag diskuterade lite om tidigare under "skissande och modellering". Vi ville gärna göra snygga renderingar, men programvarorna vi använde begränsade oss i designen. Det känns synd att våra begränsningar inom programmen fick styra projektets design. Detta dilemma uppkom ganska sent och om vi hade haft mer tid är jag säker på att vi hade kunnat arbeta oss runt problemet. Jag blev inspirerad av diskussionen vi hade under kritikdagarna angående detta och i framtiden kommer jag försöka vara mer kreativ gällande olika typer av presentationslösningar.

Projektet känns som ett bra avslut på kandidaten i Arkitektur och teknik. Jag har kunnat använda mig av mina tidigare kunskaper inom många olika områden, men också lärt mig mycket nytt. Under hela processen har våra lärare uppmanat oss att våga, och att tro på oss själva. Jag är tacksam för stöttningen vi har fått och tror att det har gett mig och många andra ett självförtroende som vi kommer ha mycket nytta av i framtiden.