



Vy mot entreén från bron.

## Skoghall - En teater bland träden

Teater  
Centraleuropeisk storstad

Chalmers Tekniska Högskola  
År 3 - Vår 2022  
Grupprojekt - Oskar Nasset Mattsson,  
Zhiwen Xu

Kurs och examinator:  
Kandidatarbete - Morten Lund  
Tävling - Acoustical Society of America  
Student Competition

Verktyg:  
Handritning  
Modellbygge  
Rhino  
Grasshopper  
Illustrator  
Photoshop  
InDesign  
V-Ray

### Utgångspunkt:

Designa en teater för 700 personer med möjlighet till variabel akustik i teatersalen för att möjliggöra framförande av allt från spoken word till musikal. Teatern skulle utföras med primärt trä i strukturen och hållbarhet i olika aspekter skulle tas hänsyn till i hela designprocessen. Hållbarhetskriterierna som skulle beaktas var en materialeffektiv och lättkonstruerad struktur, primärt dagsljusbelysning, primärt naturlig ventilation samt högpresterande auditorieakustik utifrån rumsakustiska lösningar.

### Fokus:

Konceptutformning, kreativ process, akustik, utformande av tävlingsförslag

## TÄVLINGSPLANSCHERNA

Då kandidatarbetet var en del av en arkitekturdesign tävling med akustik som huvudfokus mynnade hela arbetet ut i att producera tre tävlingsplanscher (höger) för att visa konceptet så bra som möjligt för tävlingens jury. Planscherna skulle innehålla en utförlig redovisning av de arkitektoniska kvaliteterna, såsom rumsligheter och layout, samt en noga redovisning av den akustiska prestandan och speciella lösningar på akustiska problem.

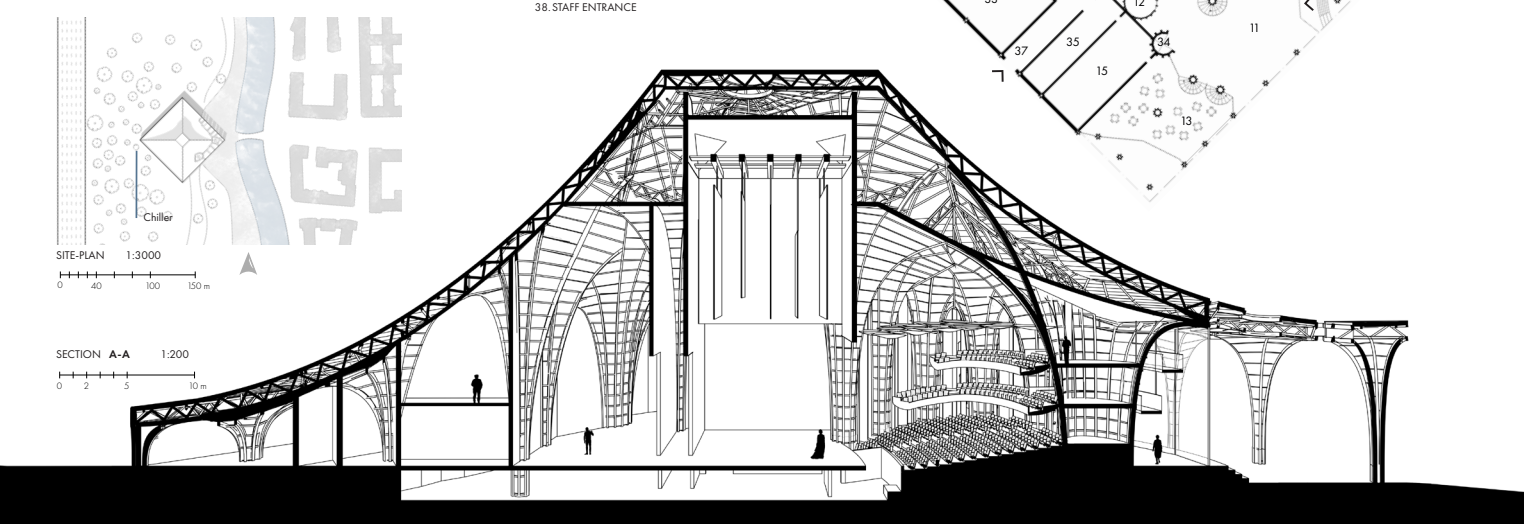


### CONCEPT

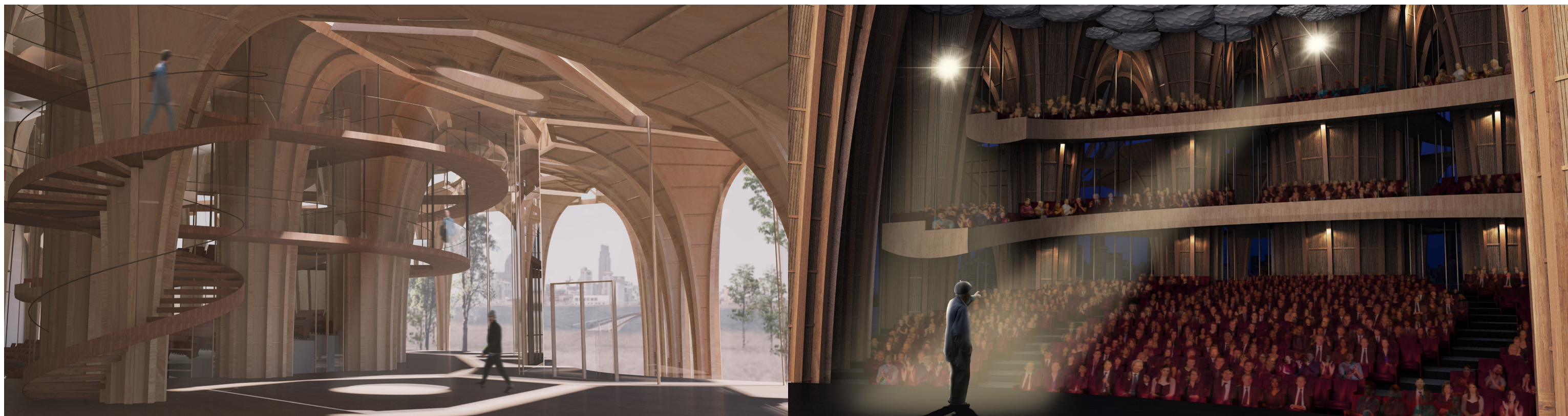
Skoghall - the forest hall - is a building that is a forest, housing a theatrical ecosystem. The flora consists of tree-like pillars, which branches into a canopy. Their trunks carry water, ventilation and installations hidden inside. The fauna of the complex is made up of its inhabitants. The excited visitor, a pompous conductor and the rushed chef all constitute the life below, around and up in the trees.

### CONTEXT & OUTDOOR NOISE

Located next to a river in a large European city, the warm embrace of the theatre invites the visitor into a calm environment. The surrounding forest shields the building from the nearby highway. Because of its shape, the curved roof reflects highway noise. The double layer design of the walls and roof dissipates the sound into the construction which also reduces the noise. The chiller, needed for the indoor climate, is placed on the noise dominant side, adjacent to one of the mechanical equipment rooms. Furthermore, the layout of the building is designed to create a barrier of noise-tolerant rooms, shielding the lobby and scenes, which are facing away from the highway. The forest together with the distance from the highway provides a noise reduction of 56dB.



1. MAIN ENTRANCE
2. SECONDARY ENTRANCE
3. AUDITORIUM
4. STAGE
5. WING
6. ORCHESTRA PIT
7. IN-HOUSE AUDIO MIX POSITION
8. LIGHTING AND STAGE MANAGER CONTROL ROOM
9. FOLLOW SPOT ROOTH
10. TRAP ROOM
11. LOBBY
12. BOX OFFICE
13. RESTAURANT
14. BAR
15. KITCHEN
16. COAT ROOM
17. RESTROOM MEN
18. RESTROOM WOMEN
19. RESTROOM UNSEX
20. SCENE SHOP
21. REHEARSAL SCENE / BLACK BOX
22. CHORUS DRESSING
23. SOLO DRESSING
24. CONDUCTOR DRESSING
25. GREEN ROOM
26. PROP PANTRY
27. COSTUME SHOP
28. WIG AND MAKE UP
29. SWIMMER BACK ROOM
30. LIGHTNING STORAGE
31. AUDIO STORAGE
32. AUDIO RACK ROOM
33. MECHANICAL EQUIPMENT ROOM
34. WARE
35. STORAGE
36. ELEVATOR
37. OFF STAGE QUICK TOILET
38. STAFF ENTRANCE



### NOISE CONTROL

The room distribution of the theatre puts noise producing rooms such as mechanical rooms, toilets and the kitchen as far away from the auditorium as possible.

### DOUBLE GLASS WALLS

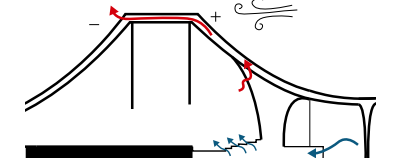
To preserve the sensation of being inside a forest in the auditorium, double glass walls form a noise barrier to the lobby, but enables natural light inside, and views to the outside. Electrochromic glass also enables a completely controlled light environment. The walls have a jagged shape as well as an uneven surface to act as a diffuser for both long and short wavelengths. The double glass walls form a mass-spring system to reduce the noise from outside. It provides at least 60 dB sound reduction within the frequency range of interest

### SAND FILLED WALLS

The surfaces of the trees that face the lobby are fitted with a double layered CLT construction, in which the gap between the slats are filled with sand. Creating sufficient noise reduction inside the auditorium, to a level of NC29.

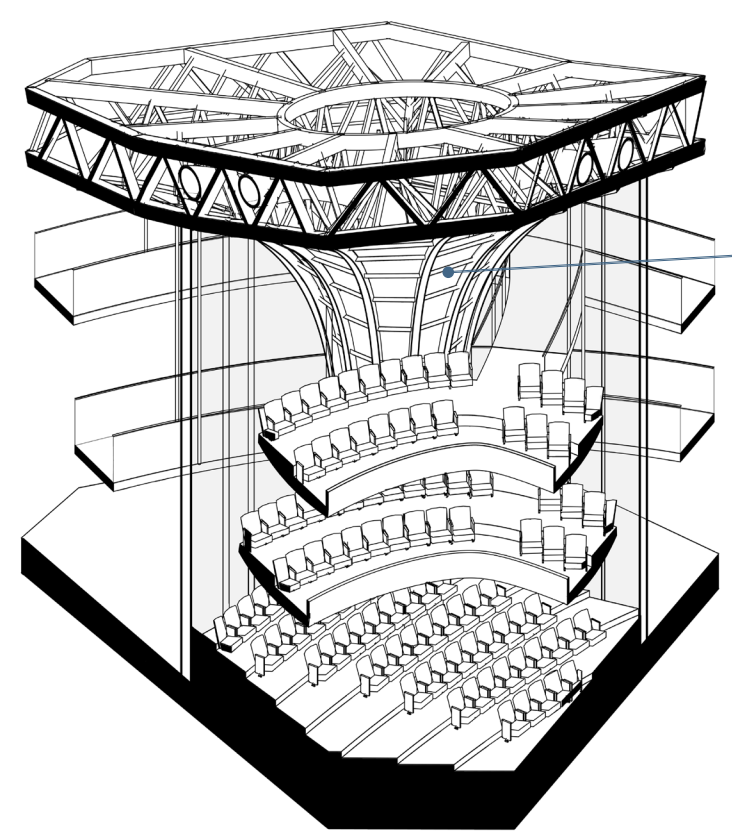
### NATURAL VENTILATION

To decrease noise, the ventilation is primarily natural. The large height and temperature difference drives the heated air in large ducts hidden in the roof truss. The thickness of the truss enables large duct dimensions, further decreasing noise. The top floor above the flytower consists of a large ventilation chamber in which negative windpressure sucks away the hot air. The large volume of the ventilation chamber in combination with absorbing surfaces inside ensures low disturbing wind-noise.



### CANOPY INTEGRATION

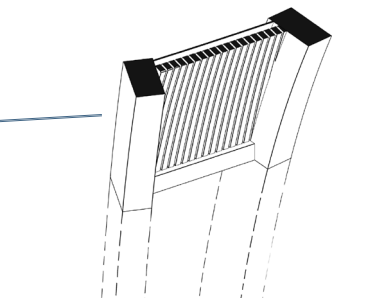
The structure of the building is formed by the trees. They begin as pillars and grow into each other forming a roof like a tree canopy. When the trees meet, the members form pointed arches, reminiscent of a cathedral. Every tree is balanced and can stand by itself but together they stabilize each other from wind and other lateral loads. Within the trees, the hollow spaces are filled with different functions such as ventilation, plumbing and mechanical equipment which nurtures the building.



### ROOM ACOUSTICS

#### INTERCHANGEABLE PANELS

The load-bearing structure naturally divides the surfaces of the trees into panels. These panels can serve different functions depending on their positions, both inside the auditorium as well as the building as a whole. To create flexibility in the acoustics of the auditorium, the inner panels of the trees can be fitted with either a diffusive, reflective or absorbing panels. Some of these panels can be fitted with wooden ribs to enclose a volume of air. This makes them good for sound absorption as Helmholtz resonators for primarily low frequencies.



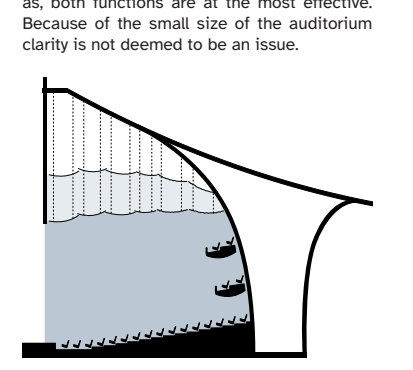
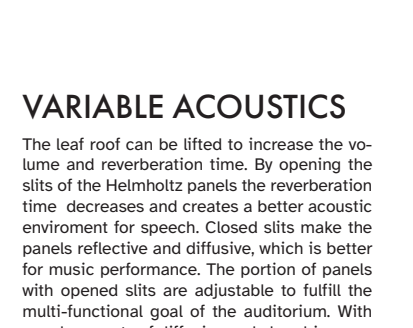
The interchangeable panel design also enables the integration of stage-lights inside the trees as well as general lighting in the whole building. In the two trees adjacent to the stage, loudspeakers can be integrated seamlessly into the trees, facilitating amplified sound in the auditorium.

#### RESONANCE

The risk of low-frequent resonance in the structure is reduced by filling the volume inside the tree-structure with installments such as stage lighting and ventilation, which works as damping mass.

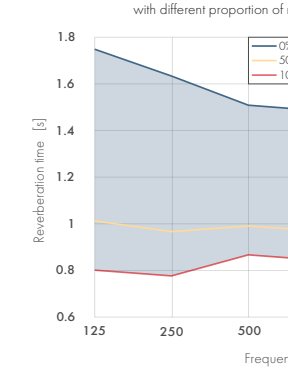
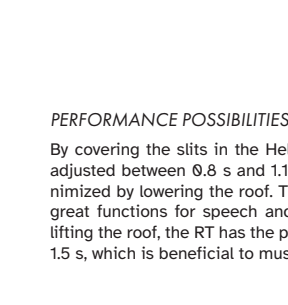
### AUDITORIUM ACOUSTICS

With a distance from the stage to the furthest seat of only 15,5 meters, the auditorium is very intimate for its 700-seat size. This allows all of the audience to see the most subtle facial expressions and hear minute inflections of the actors voice. This intimacy is achieved by hanging two shallow balconies carefully constructed to not shadow seats below. The trees and glass walls disrupt the concave shape of the hall, avoiding focusing of the sound. The roof of the auditorium is covered with leaf-like plates which together with the trees further enforce the feeling of being in a glade.



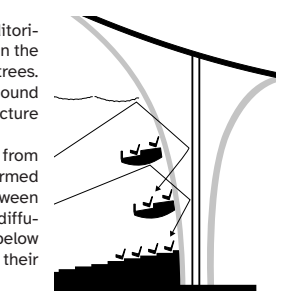
### PERFORMANCE POSSIBILITIES

By covering the slits in the Helmholtz panels, RT can be adjusted between 0.8 s and 1.1 s when the volume is minimized by lowering the roof. This configuration provides great functions for speech and theatre performance. By lifting the roof, the RT has the potential to be increased to 1.5 s, which is beneficial to music.



### HANGING BALCONIES

The balconies in the auditorium as well as the walkways in the lobby are hung from the trees. This design minimizes sound propagation from the structure into the auditorium. Since the trees stand proud from the glass walls, a space is formed behind the balconies from the trees. This facilitates diffusive reflections to the seats below the balconies, increasing their perceived sound strength.



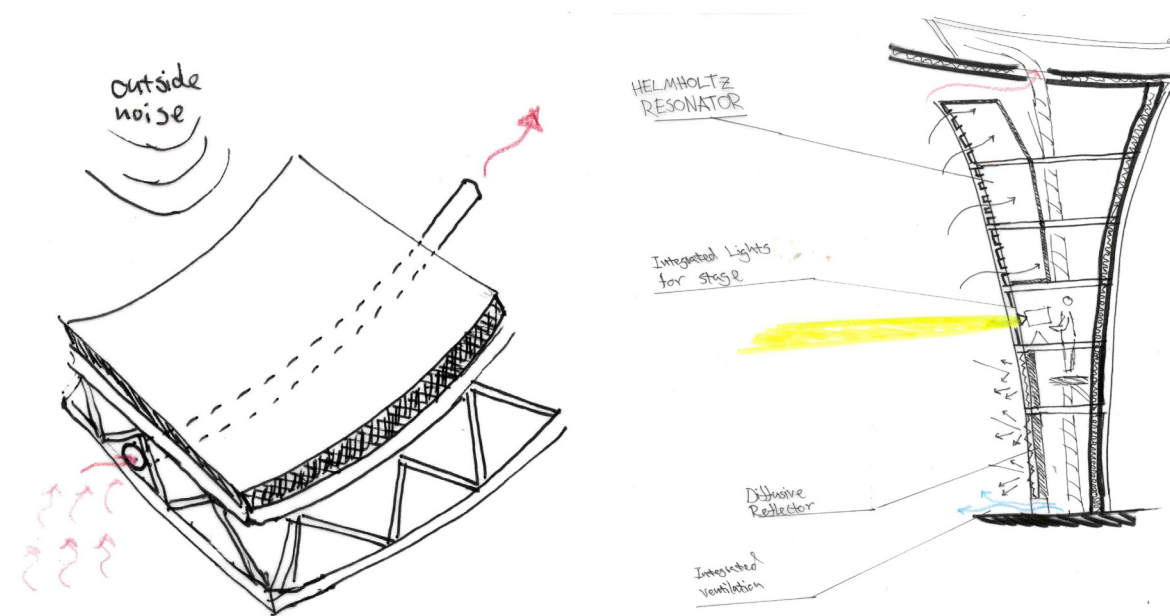
## DESIGNPROCESSEN

Beskriv din designprocess utifrån ett specifikt val ni gjorde, och visa hur ni har skissat på möjliga alternativ för att kvalificera detta val.

Designprocessen utgick från ett utforskande skissande i de första tre veckorna av det åtta veckor långa arbetet. Vi började med att utarbeta tre olika koncept och fokuserade sedan på att ta vidare ett av koncepten. Dock så använde vi flera av idéerna från de koncept vi inte gick vidare med och jag upplevde tydligt hur nyttigt det var att genom de tre olika koncepten få olika ögon på uppgiften och att utarbeta olika lösningar på de problem vi ställdes inför.

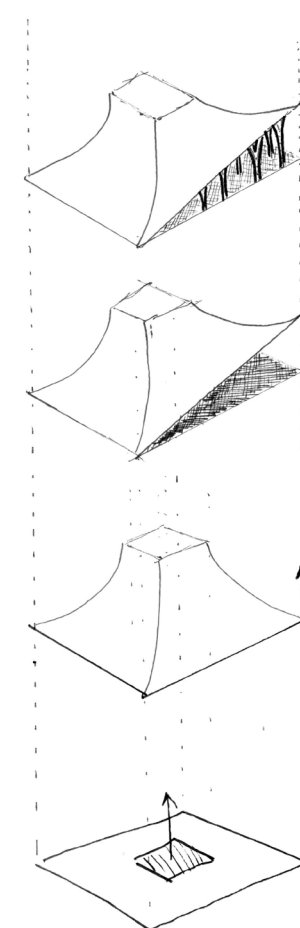
Nästa steg var ett utformande av "prototyper", d.v.s. byggnadselement eller delar som skulle ha minst två funktioner varav en skulle vara akustisk och de andra strukturell, ljusmässig eller ventilationsmässig. Vi utformade tre prototyper utgående från de träd som varit centrala till konceptet "Skogshall" som vi valde, vilka var: rymdfackverket som utgör taket, ihåliga träd som ventilations och teknikkkanaler samt ett panelsystem som kunde monteras på dessa träden. Panelerna kunde i sin tur vara antingen akustiska paneler i form av diffusorer, reflektorer eller absorbenter, samt armaturer, avstyvande element samt högtalare.

Eftersom vi redan i det stadiet hade ett gott grepp om att vi ville utforma vår teater utifrån träden som bärande struktur och låta dem rymma alla nödvändiga funktioner kändes prototyptänkandet lite forcerat. Vi hade ju redan börjat integrera mycket av de funktionerna i en lösning. Därför kändes det väldigt naturligt att ta det steg som jag tyckte var avgörande för vår process, och det var att fullt ut låta träden växa upp ur marken och forma taket i en slags valvformation. Detta möjliggjorde samtidigt att fylla vilka rum som helst med önskade paneler och även säkrande av ventilation i hela byggnaden (som vi lyckades integrera med naturlig ventilation) samt den överväldigande känslan av att hela tiden vara i en skog och se ut genom träden. När vi gjorde detta steget gick vi ifrån alla handskisser vi tidigare gjort för att försöka visualisera vår idé och vände oss till digitala verktyg, vilket visade sig vara helt rätt beslut senare.

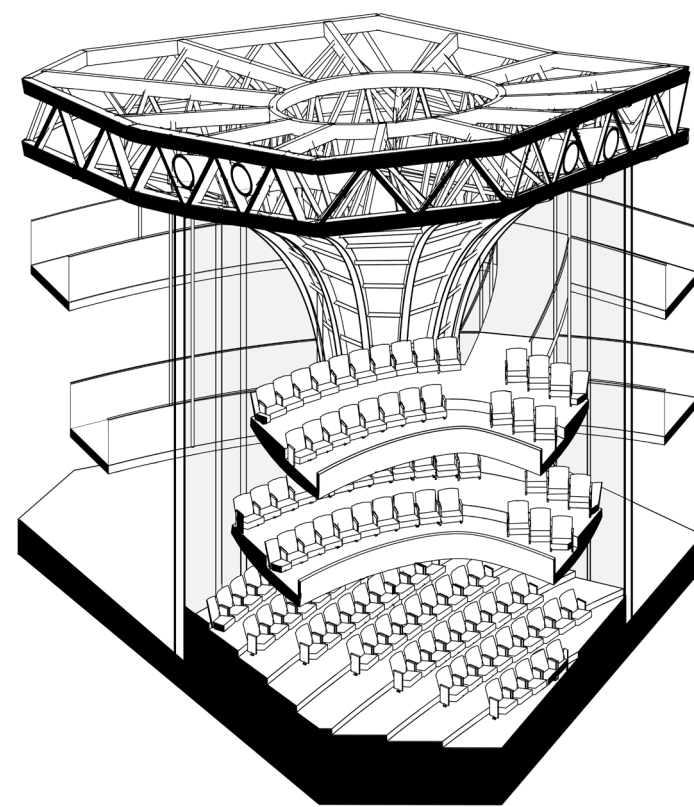


Skiss av rymdfackverket.

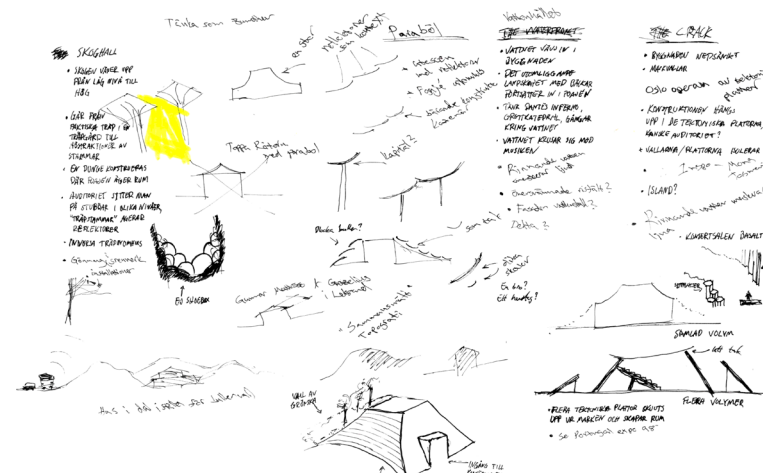
Skiss av integrerade pelare.



Volymskissdiagram.



Den slutgiltiga axonome-



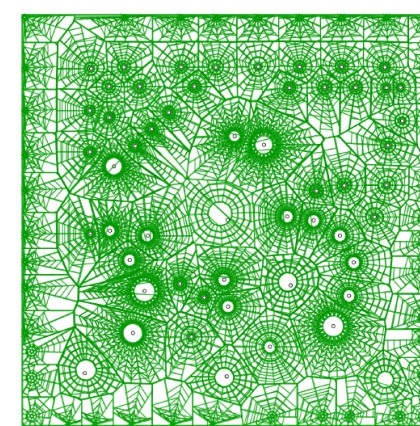
Tidigt idéark över tre olika koncept med skisser.



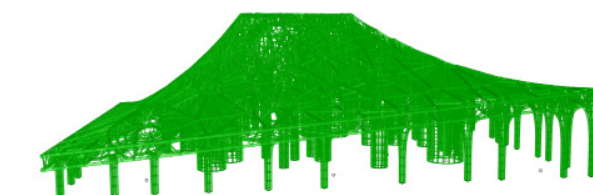
Modell på trädens struktur och de hängande gångvägarna och balkongerna.



Tidig Skissmodell i lera.



Screenshots från Grasshoppermodellen över teaterns struktur med dess komplexitet redovisad fullt ut.



## METOD OCH VERKTYG

Skriv även en reflektion över projektets designmetod och de specifika verktyg du har använd i processen.

I början av projektet använde vi oss väldigt mycket av modellbygge i lera och skisser för hand. Detta var väldigt kul för att det gick snabbt och var kul att konkretisera idéer på ett handgripligt sätt. Det hjälpte också väldigt mycket för att få ner tankarna till något som vi kunde visa upp vilket även det var hjälpsamt då vi alltid hade material att visa på handledningar och kritiker som i sin tur ledde till att vi ofta fick hjälpsam kritik. Vi utforskade även koncepten vidare med mer utförliga modeller och tidiga renderingar av prototyper för att själva få bättre grepp om hur koncepten skulle fungera och detta var nyttigt då flera av de representationerna tog sig uttryck på andra sätt i slutprodukten. Jag vill dock trycka på att det inte bara var nyttigt eller hjälpsamt utan framförallt njutbart och otroligt kul att jobba på ett sådant sätt. Det hade helt enkelt nästan bara fördelar i detta projekt.

Vi gick ganska sent över till att göra digitala modeller av Skogshall och när vi gjorde det så gjorde vi modellerna parametriska i Grasshopper. Vi insåg väl inte riktigt det när vi tog beslutet att göra så att det var ganska riskabelt, eftersom om vi inte hade lyckats med de parametriska modellerna så hade vi bara slängt väldigt mycket tid i sjön och inte kunnat få något ut av det arbete vi lagt ner förutom en massa rader ofungerande kod. Dock så fungerade det lyckligtvis och istället blev resultatet att vi fick en modell av auditoriet som vi tillsammans med akustikern kunde fullt optimera och få ut data ifrån och där efter ändra tills den uppfyllde precis det vi ville. Likadant var det med modellen över strukturen med träden som vi väldigt lätt kunde ändra trädens placeringar i och på så sätt lätt kunde ändra planlösning och sektion. Detta underlättade processen väldigt mycket och jag tror heller inte det hade varit möjligt att realisera de idéer vi hade på ett annat sätt än att göra det parametriskt designat.

## ARKITEKTUREN

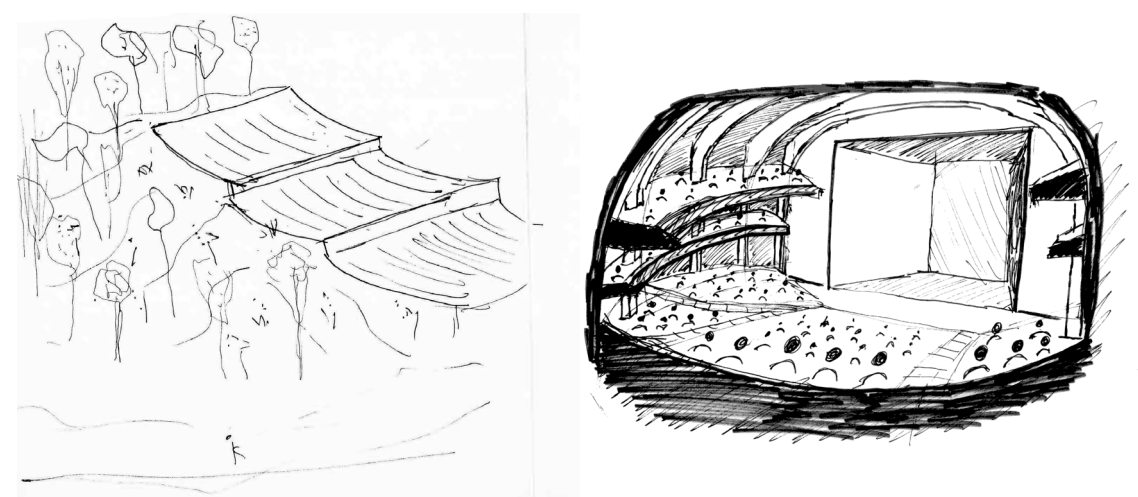
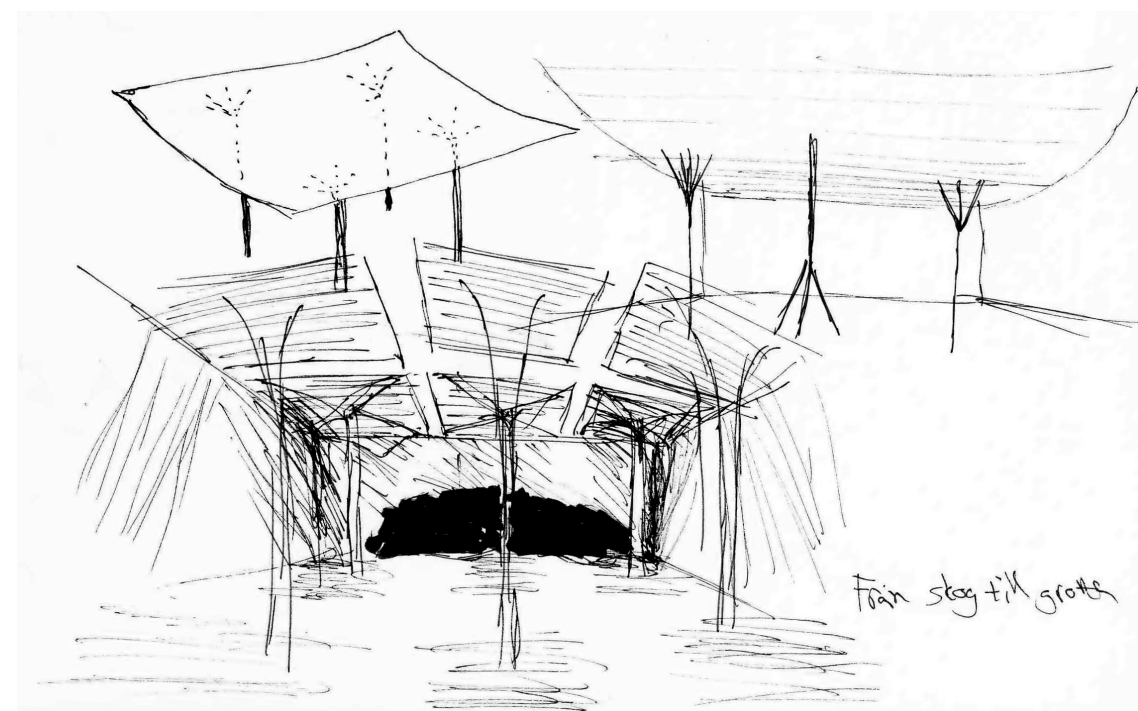
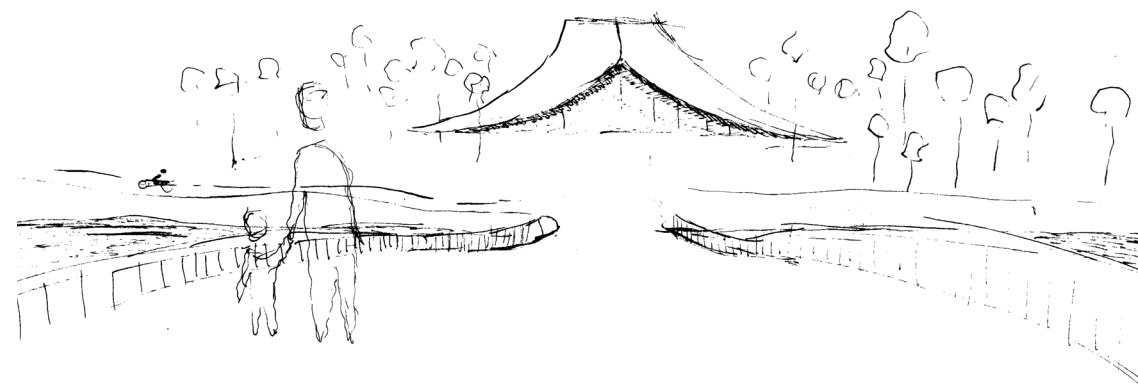
*Skriv en grundlig reflektion över projektförslagets arkitektoniska och akustiska kvaliteter.*

Konceptet Skoghall grundar sig i att teatern befinner sig i en skog och är en skog. Det är ett teatraliskt ekosystem som huserar faunan, d.v.s. alla besökare, skådespelare, tekniker, kockar o.s.v. inom floran vilket är träden. Träden försörjer hela teatern med näring och bidrar även med de rumsligheter som faunan gör sig hemmastadd i.

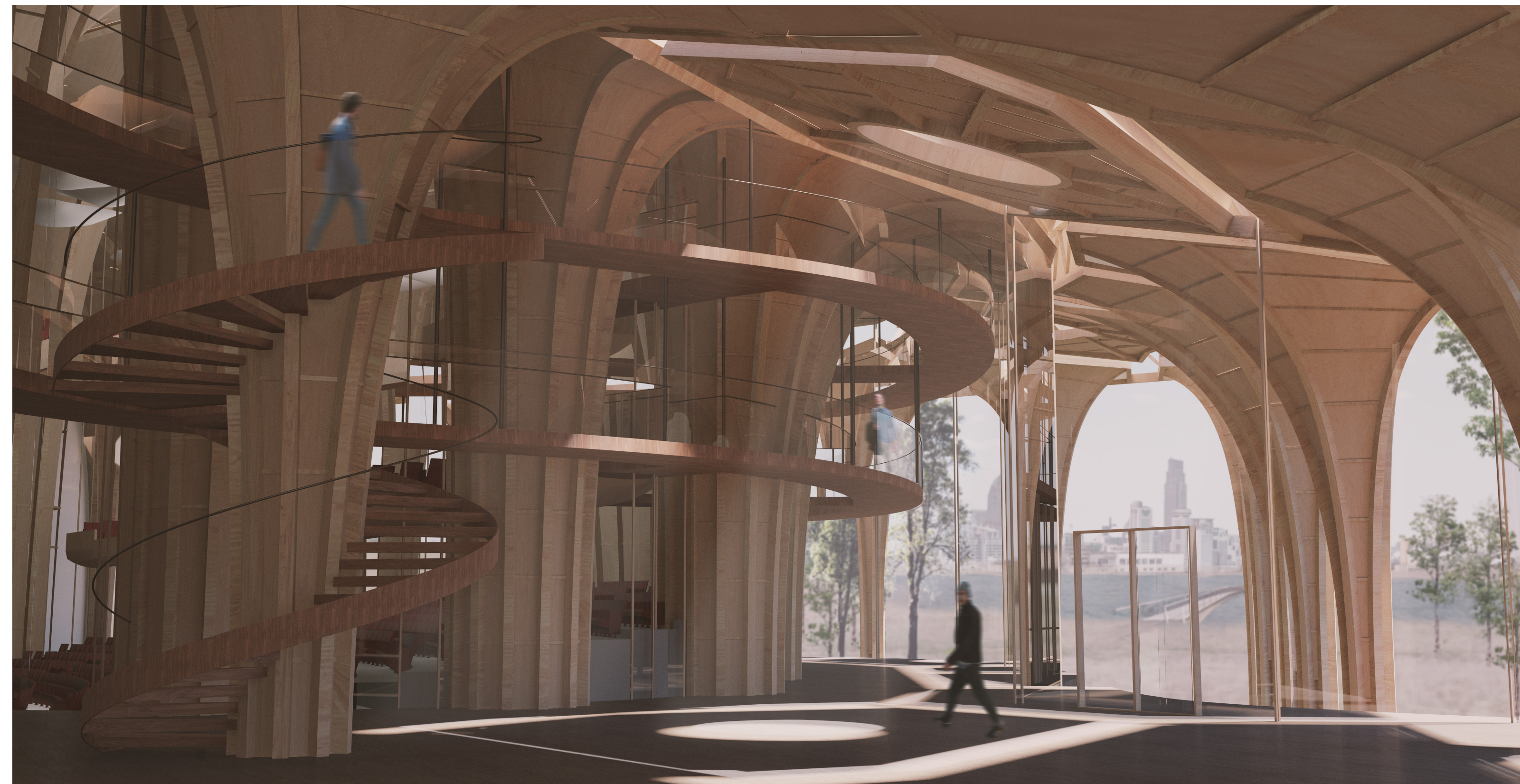
Från ett första anblicksperspektiv tycker jag att konceptet är starkt och tydligt kommunicerat genom arkitekturen. Träden som utgör byggnaden går inte att missa, oavsett vilket rum i teatern du befinner dig i och alla funktioner i byggnaden bokstavigt talat bärs upp av dem. Att så mycket av den publika delen av byggnaden är glas emellan träden förstärker känslan av att vara i en skog där blicken letar sig mellan träden. Trapporna och gångvägarna som slingrar sig upp på och kring träden tycker jag även det är en lyckad arkitektonisk idé då även det förstärker känslan av att teatern är bebodd och myllrar av liv när alla rör sig där. De katedralliknande träden med glasen emellan menar att framkalla en närapå sakral känsla vilket jag även tycker är lyckat.

Med det sagt tycker jag att det är synd att inte alla dessa kvaliteter genomstrålar hela byggnaden på det sätt som vi tänkte i början. Det är främst lobbyn, restaurangen och framförallt auditoriet där detta märks av på ett riktigt tydligt sätt, kanske för att det var de rummen (exklusive restaurangen) som vi faktiskt visualiserade till slut. En formulering som kom in ganska sent i processen och som jag önskade hade kommit in tidigare var teatern som ett ekosystem. Med de orden i ryggen ser jag ännu fler möjligheter med hur man skulle kunnat ta konceptet vidare och göra det ännu mer tydligt i arkitekturen. Att gestalta panelerna tydligare skulle jag även räkna in i den punkten vilket jag tycker är synd att vi inte riktigt hade tid att utveckla. Jag skulle verkligen velat ha tid att utforska representationsformer kring planerna och på ett bättre sätt visa det utförliga arbete och den detaljering som ingick i strukturen och därigenom ekosystemtänkarna i hela konceptet. Dock tillät inte riktigt tävlingsformatet en sådan utforskning i och med tidsramen, vilket jag tycker är en återkommande last i hela projektet. Vi kom en bra bit med utforskningen av materialval i byggnaden men jag skulle även där ha velat kunna lägga lite mer tid för att få en ännu mer förståelig och påtaglig känsla för byggnaden.

Jag är dock nöjd med hur vi presenterade arkitekturen och att vi lade så mycket vikt på att göra talande och fina visualiseringar för att det känns som att man vid en första anblick faktiskt förstår konceptet och att de känslor av intimitet och naturlighet framkommer i bilderna.



Samling skisser för stämningen på projektet.



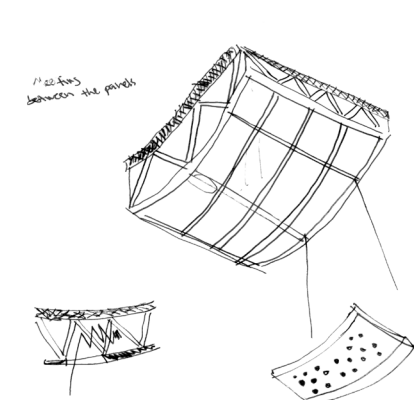
Rendering inifrån lobbyn med dagsljusinsläppen och de hängande gångvägarna.

## AKUSTIKEN

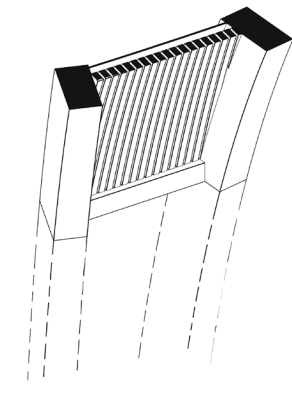
Rent akustiskt tycker jag att vi lyckades ganska bra med utformandet av panelerna eftersom de i sin natur möjliggör en variabel akustik. Jag tycker även att formerna på auditoriet följer konceptet väl och de fungerar mycket bra ur en akustisk synvinkel, med kanske undantag för ITDG-värdena som med en iterationsomgång till hade kunnat förbättras. En önskan hade väl varit att vi skulle itererat de rumsakustiska förhållandena i auditoriet med avseende på reflekterande och diffuserande ytor en gång till då de fungerar som menat i nuläget men hade kunnat fungera bättre och vara mer i linje med konceptet. Något som jag inte tycker att vi kom hela vägen med gällande panelerna var just gestaltningen av dem. I början tänkte vi utforma dem som barkpaneler men ju längre in i projektet vi kom och ju närmre deadline närmade sig bestämde vi oss för en stramare mer minimalistisk gestaltning av dem, vilket jag tycker är lite synd. Om vi hade fokuserat mer på gestaltningen av dem tror jag att ekosystemtanken i konceptet hade kunnat komma fram lite tydligare samt att realismen i förslaget hade tagits till en allmänt högre nivå.

En annan akustisk del av projektet är de många glasytorna i byggnaden, främst de som är mellan träden i auditoriet. Jag tycker verkligen att de bidrar med en effektfull arkitektonisk kvalitet samtidigt som de är viktiga reflekterande och diffuserande ytor. Dock skulle de behöva gestaltas lite noggrannare för att vara mer övertygande än vad de är i nuläget upplevde jag på kritiken. De går dock väl ihop med konceptet och fungerar bra tillsammans med de hängande balkongerna som i sin tur jag tycker är en helt lyckad och väl kommunicerad akustisk kvalitet i byggnaden. Något som vi dock skulle behöva iterera lite till är dock den väldigt lätta konstruktionen som lätt transmitterar ljud. Detta hade säkert gått att lösa men är ett problem.

En ytterligare sak som jag helst hade velat ändra på såhär i efterhand var att vi valde att införa ett innertak över auditoriet för att sänka den onödigt höga takhöjden. Om vi inte hade gjort detta hade vi förmodligen kunnat komma upp till en riktigt katedralik efterklangstid på närmare två sekunder. Även om det förmodligen bara hade varit fördelaktigt för just efterklangstiden hade det varit intressant att undersöka och ta ännu längre, men vi ville vara säkra på att den akustik vi nådde i slutresultatet var rimlig och bra i flera aspekter, vilket den blev.



Skiss av panellösning.

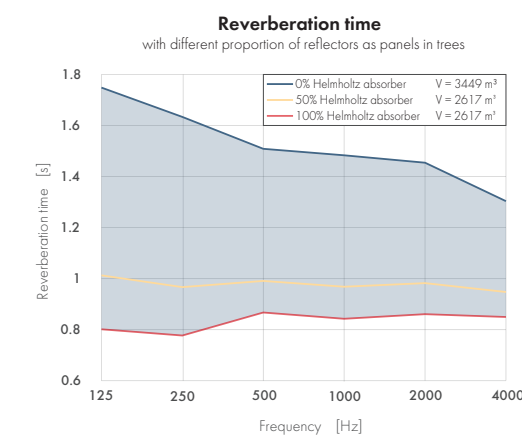
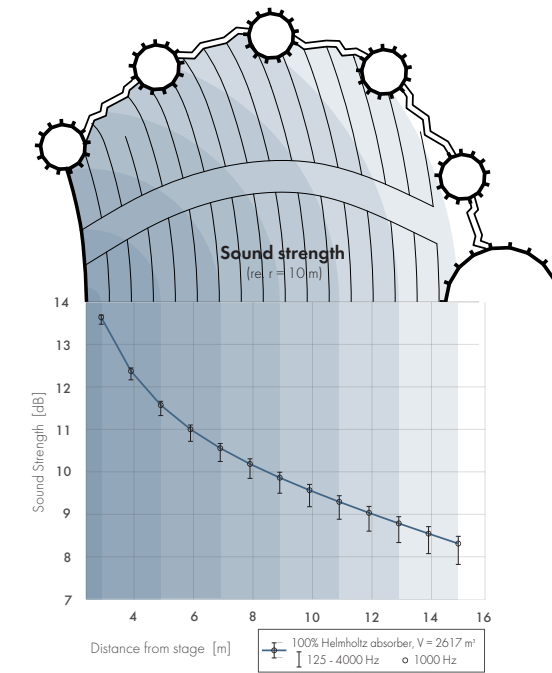


Redovisning av absorbernt.

## SAMARBETET

*Gör en utvärdering av det interdisciplinära samarbetet med avdelningen för teknisk akustik.*

Att jobba med vår akustiker Zhiwen Xu var väldigt kul och också ibland ganska svårt. Först och främst var det utvecklande att lära sig hur jag skulle formulera de arkitektoniska idéerna jag hade, dels på ett sätt som en annan ingenjör skulle förstå men också på ett språk som inte var modersmål för någon av oss. Det var nyttigt att få andra perspektiv på hur man använder termer för att många gånger blev det missförstånd som vi sedan behövde reda ut. En sak som med processen blev svårt att hantera var att ingen av oss i början av projektet var så kunniga om just rums- och auditorieakustik eftersom Zhiwen inte fick föreläsningar om det förrän ungefär halvvägs in i projektet. Om helheten hade lagts upp annorlunda tror jag att vi hade kunnat nå ännu längre med vårt förslag och våra ambitioner. Det var dock väldigt kul att i början få presentera våra idéer för alla akustiker och att de sedan fick önska projekt som de ville vara med och utveckla, jag tror att det bidrog till att många av årets projekt blev så pass bra. Att ha en medarbetare i projektet som mer hade en sorts konsultroll tror jag var väldigt nyttigt inför framtiden, men det var också svårt att hantera eftersom jag och Oskar spenderade så mycket mer tid med projektet än va Zhiwen gjorde. Det krävdes då att hela tiden uppdatera honom om vad som hände och vilka beslut vi hade tagit. I stort sett tycker jag det fungerade väldigt bra för att Zhiwen matchade vår ambitionsnivå väldigt bra och att han alltid hade ett lösningsorienterat tänk på de problem vi ställdes inför.



Ljudstyrka- och efterklangstidsdiagram framtagna tillsammans med Zhiwen.



Rendering av auditoriet.

## HÅLLBARHETEN

*Skriv en kritisk reflektion över hur du har använd integrerade designlösningar som metod att gestalta ett hållbart projektförslag.*

### Ventilation

I stora drag tycker jag att vi lyckades väl med att integrera olika typer av funktioner i byggnadens utformning, eftersom det är så starkt knutet till vårt koncept. Den kanske tydligast implementerande instansen av detta, utöver de rumsakustiska elementen jag redan diskuterat, är den naturliga ventilationen. Det känns verkligen som vi lyckades ta den hela vägen genom konceptet på ett övertygande sätt. På handledning och kritik med ämneskunniga fick vi höra att lösningen mycket väl skulle kunna fungera väl, även om den såklart är i konceptstadiet. Anledningen till att det blev så lyckat skulle jag tro är att det var ett fokus som var med oss ända från de tidigaste skisserna i arbetet. Vi la även mycket energi på att behålla tanken genom processen eftersom de gjorde integrationen av träden mer trovärdig. Jag är även nöjd med att vi fick det att framgå tydligt i tävlingsplanschererna med diagram och axonometrier eftersom det emfaserar integrationen ännu mer.

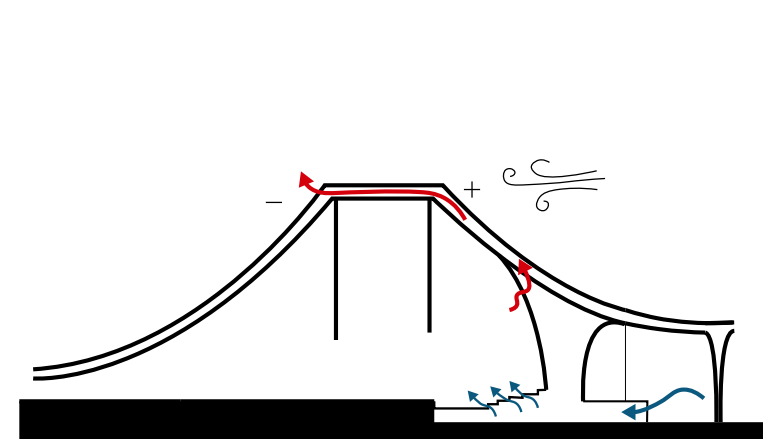
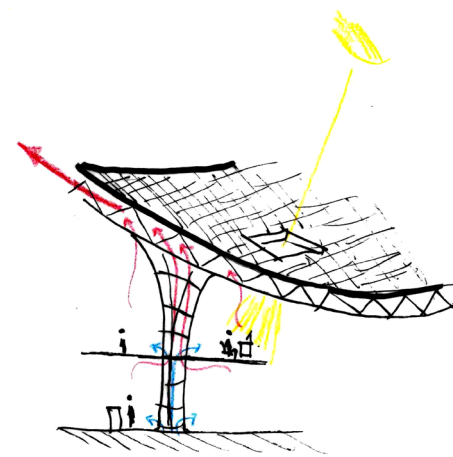


Diagram över naturlig ventila-



Tidig skiss på ventilationen.



Kombinerade ventilations och ljusschakt.



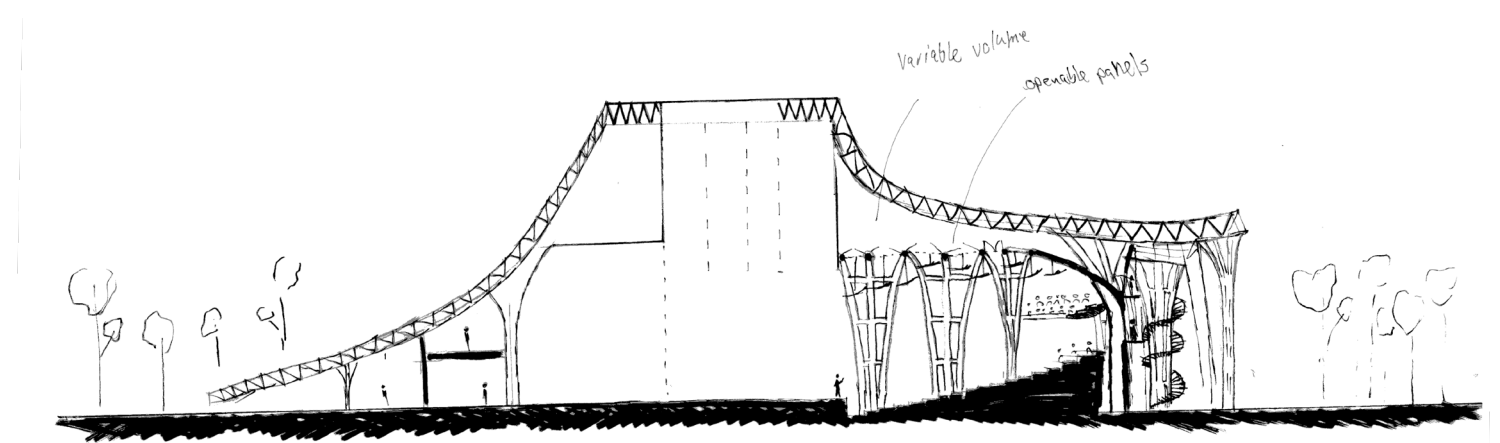
Tidig skiss på integrering av dagsljusinsläpp.

### Ljus

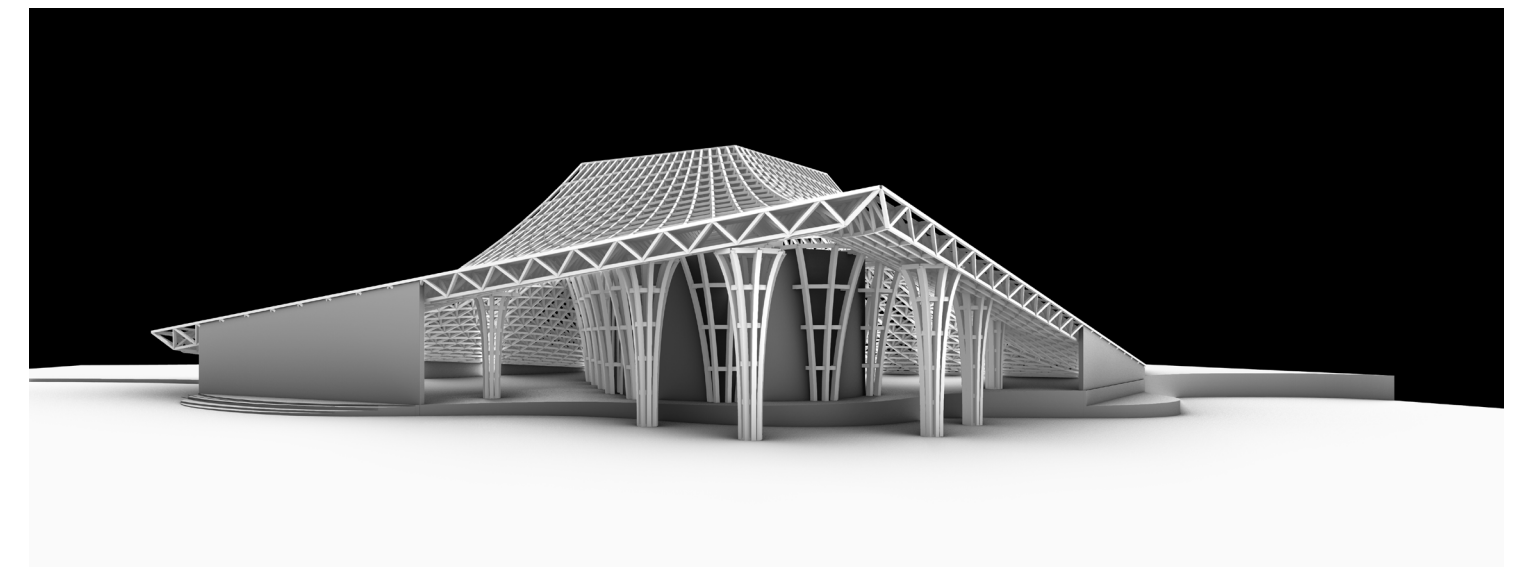
Dagsljusinsläppen i byggnaden var något som jag upplevde att vi tyvärr inte kom lika långt med i det slutgiltiga förslaget, även om det syns och är med. Tanken från början var att vi skulle integrera ljusschakt i byggnaden tillsammans med den naturliga ventilationen, men dels eftersom detta var väldigt svårt att visualisera tillsammans med strukturen och dels för att kanske idén i grunden inte var tillräckligt bra så släpptes den när vi kom längre fram i processen. Det som är kvar av idén är möjligheten till att ha takfönster emellan trädens kronor vilket vi lyckades gestalta i lobbyn men inte så mycket mer tyvärr. Jag hade gärna velat göra ljusstudier för att se om de faktiskt har den önskade effekten och det hade varit väldigt intressant att integrera detta vidare in i resten av byggnaden. Dock fanns det tyvärr inte tid att lägga fokus på detta eftersom akustiken svalde mycket av den tankekraften. En aspekt av ljusbehandlingen i Skoghall som är riktigt lyckad tycker jag dock är solavskärmningen i form av träden som står utanför klimatskalet vid entrén. Den glasade fasaden som avgränsar lobbyn från utsidan är inte en speciellt hållbar tanke i grunden behöver någon form av solavskärmning för att bli rimlig ur ett hållbarhetsperspektiv och detta var en idé som vi lyckades ta med från de första skisserna ända in i slutresultatet. Att bygga med stora glasade ytor är dock inte i grunden hållbart men eftersom det är så viktigt för konceptet i stort var det en hållbarhetsmässig nackdel vi valde att hantera istället för att eliminera.

### Struktur

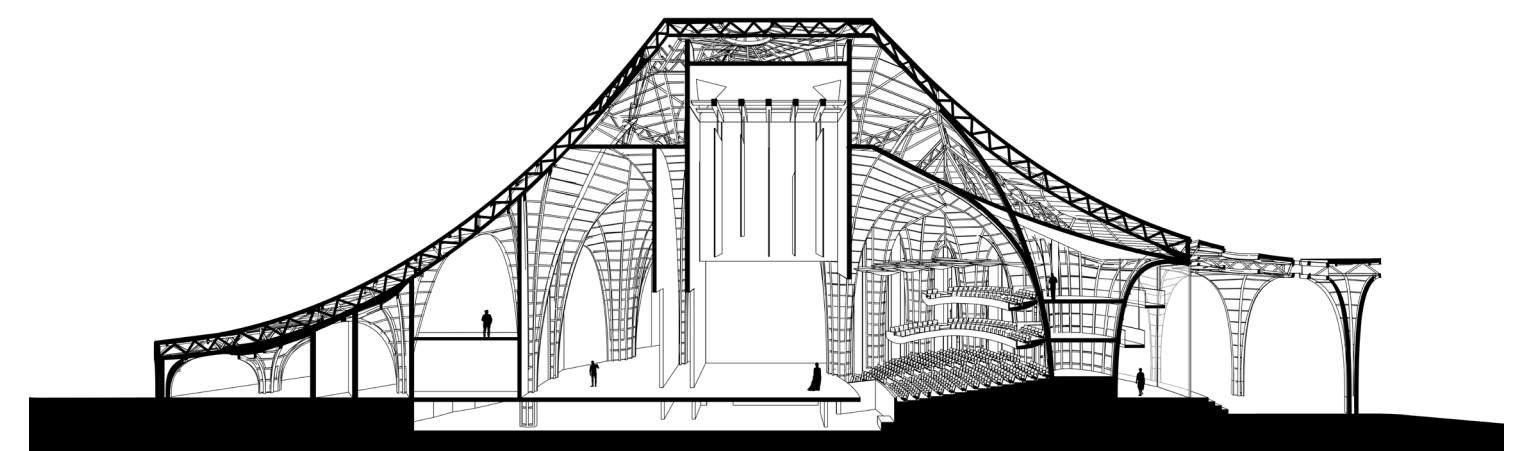
Till sist är strukturen helt gjort av trä, enligt uppgiften och enligt konceptet. Att varje träd i sig är balanserat vilket var nödvändigt för designen av träden är hjälpsamt för att kunna bygga teatern med så lite ställningar som möjligt men det är fortfarande en ganska omständlig byggnadsprocess som krävs så just byggnationen för hand som hållbarhetsaspekt gick inte hela vägen fram. Detta beror nog på att vi gjorde avsteg från den modulära design som vi länge tänkte för att skapa en design som var mer talande och effektiv rent arkitektoniskt. Det hade varit väldigt intressant att analysera om strukturen faktiskt är mer materialeffektiv än en mer traditionell struktur men detta hade nog varit väldigt komplicerat att analysera. Rent intuitivt känns det som att dimensionerna på enskilda element inte skulle behöva vara speciellt stora och att valvstrukturen som bildas skulle vara effektiv att föra ner och fördela lasterna på byggnaden. Slutligen så gör ju inte faktumet att byggnaden är av trä det automatiskt till en hållbar byggnad, men med den integration vi lyckats med tycker jag ändå att hållbarhetsaspekterna i byggnaden lyser igenom i hela projektet, även om alla delar inte gick hela vägen. Sen tycker jag det är synd att vi inte riktigt fick fram alla dessa hållbarhetsaspekter i tävlingsplanschererna då det helt enkelt inte



Sektionsskiss.



Skissartad 3D-modell på den tänkta strukturen



Slutgiltig sektion genom byggnadens huvuddiagonal.