

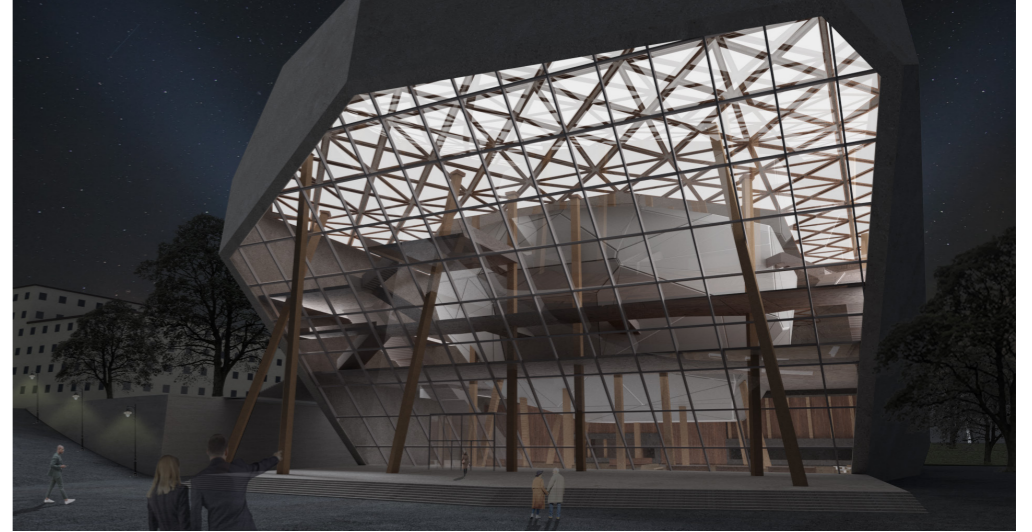
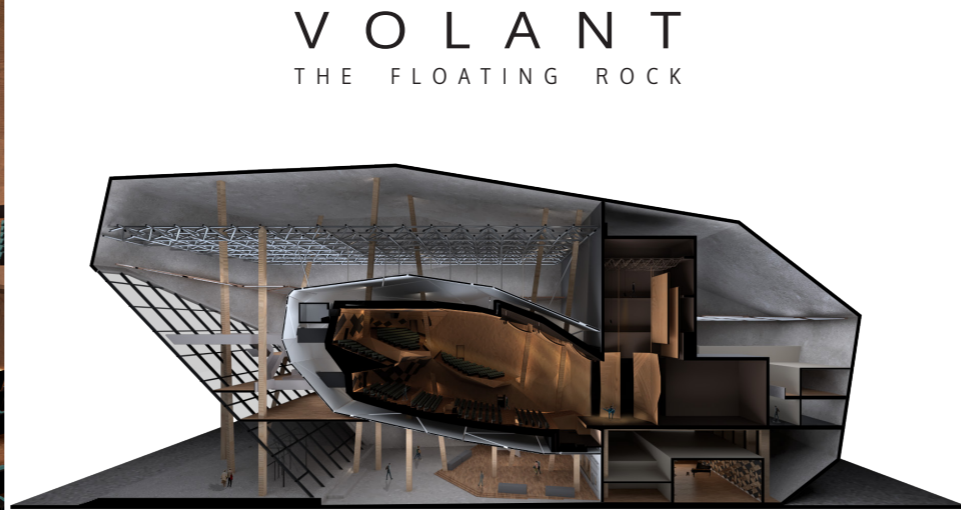
# VOLANT

## EN SVÄVANDE OPERAUPPLEVELSE PÅ ETT AMERIKANSKT UNIVERSITET

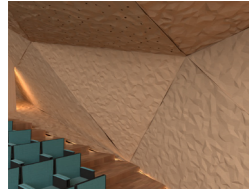
Mitt kandidatarbete var att skapa ett operahus på ett campus i USA. Fokuset i projektet var att akustiken skulle vara anpassad för opera och andra tillställningar. Projektet gjordes i nära samarbete med en student från "Sound and Vibrations" som bidrog med kunskap om akustik. Byggnaden är placerad i ett illa läge med en motorväg och en flygplats i närheten som skapar mycket ljud. Detta blir extra problematiskt när man konstruerar just en operahall.

Jacob Forsberg

Kurs: Kandidatarbete  
Vår 21

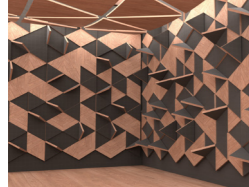


### SCATTERING PANELS



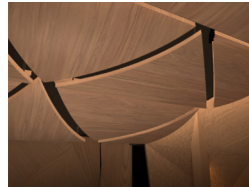
The shape of the hall combined with the scattering panels, both shaped by triangles, creates room characteristics that evenly spread the sound into the hall. This creates an acoustical experience with even sound quality in the entire hall. By integrating helmholtz resonators in these panels where it's needed we can control the lower frequencies at the same time.

### VARIABLE PANELS



To create variable acoustics both in the back of the main hall and in the rehearsal room there will be fitted triangular panels that can be folded in different ways to affect the amount of absorption and reflection. This will be done by a folding mechanism that will be controlled by a tablet equipped in the rooms where the panels are fitted so that also the students and teachers can change the acoustics of the room for educational purposes.

### REFLECTING PANELS



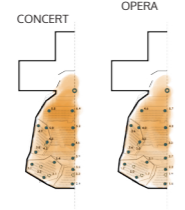
These panels will hang from the ceiling to reflect the sound in the direction it's needed. This to tune the early reflection and to get the desired clarity. The convex shape of the reflecting panels will spread the sound and help reflect the sound in the right direction. Behind the panels there are light fixtures that create a soft light that give you a floating sensation. The walls inside the hall will also help reflect the sound.

### ACOUSTICS INSIDE THE HALL

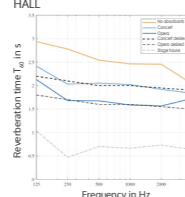
ITDG in ms



### SOUND STRENGTH in dB



### REVERBERATION TIME



In order to achieve desired clarity in the hall, the initial time delay gap (ITDG) was calculated. For different places on one side of the hall the ITDG usually varies between 16 ms and 25 ms. The seats in the middle of the hall are receiving reflections from the ceiling reflectors. Additional reflectors are positioned on the walls in different heights in order to deliver suitable reflections to the side seats. The rest of the walls including pillars are covered with scattering surfaces in order to avoid short ITDG.

The volume of the hall is  $V = 14975 \text{ m}^3$ . In order to achieve the desired reverberation times for two main purposes of the hall, three kinds of Helmholtz resonators are used with main resonant frequencies at 250 Hz, 1000 Hz and 2000 Hz. The absorbent material in the cavity of the resonator allows for the absorption of the adjacent octaves.

### CONCEPT

There are some things we can not explain when we stumble upon forces in nature. Our inspiration began with a large rock on the edge of a cliff, being held up by small twigs. How was it possible? Are the twigs in fact stronger than you might think? Or are they part of the inner structure of the rock? Or is it so that it is just an illusion which we believe in because we want the sticks to be useful. Without investigation, we can not know for sure.

We imagine the sticks going through the rock. This creates the possibility to have a floating rock inside the outer shell being held up by the twigs, in the buildings case the pillars. The pillars disconnect the hall from vibrations and simultaneously creates an impressive space underneath working as a lobby as well for hosting dinners, receptions, meetings or even as a student club. For both when there is opera as well as other times there is a kitchen that can serve food during the day and drinks in the evening.

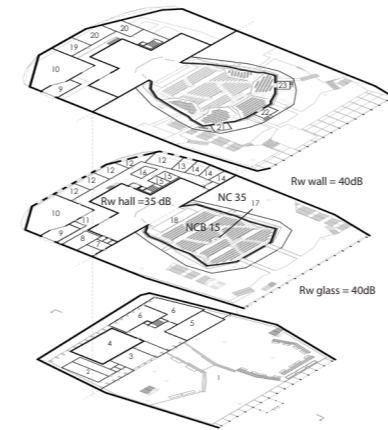
To create the feeling of a rock, the building design as well as the acoustical elements are based on triangles and other hard shapes. The panels around the hall itself are being held up by the gridiron shown in the section above. This gridiron is hidden by light panels creating this floating feeling of the inner volume. The supporting pillars are not only load bearing. They also work as light fixtures, scattering and ventilation pipes in the hall.

### DETAIL



- Wood panels 100 mm
- Concrete 250 mm
- Sound insulation 200 mm
- Rubber cushion 250 mm
- Concrete 250 mm
- Absorbers 100 mm

To block the noise from the lobby into the hall we use a construction as you can see above. By using a heavy construction in conjunction with sound isolation and an air gap this works very effectively. The pillars holding the hall in the air meet the structure with rubber cushions acting like springs to prevent vibrations being directed into the hall.

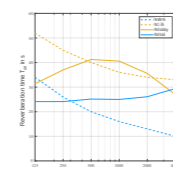


### ROOM LAYOUT

1. Lobby
2. Public restrooms
3. Ticket booth, managers office and wardrobe
4. Rehearsal room
5. Kitchen
6. Mechanical equipment room
7. Public restrooms/off stage quick toilet
8. Costume shop
9. Loading dock
10. Scene shop
11. Prop pantry
12. Solo Dressing room
13. Conductors dressing room
14. Lighting and audio storage and repair rooms
15. Dimmer and audio rack rooms
16. Wig and make-up
17. In house audio mix position
18. Orchestra pit
19. Green room
20. Chorus dressing room
21. Follow spot booth
22. Lighting and stage manager control room
23. Projection/Title booth

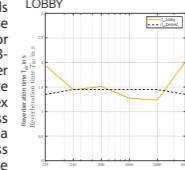
### ACOUSTICS OUTSIDE THE HALL

#### NOISE CRITERIA

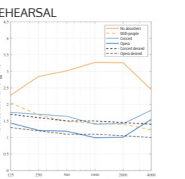


The desired sound pressure levels are set according to the defined noise criteria where NC-35 is chosen for the inside of the building and NCB-15 for the inside of the hall. In order to achieve these levels the concrete double walls with the reduction index of 40 dB are used. For the big glass surfaces, triple Pilkington glass with a reduction index of 40 dB and thickness of 50.8 mm is used. The walls of the hall can have the reduction index of 30 dB, but with the included noise of the people in the lobby, the chosen reduction index is 35 dB.

#### REVERBERATION TIME

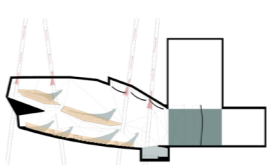


The volume of the lobby is 40 000 m<sup>3</sup>. The same types of absorbers as in the hall are used. Approximately one third of the wall surfaces is needed to be covered by these absorbers. Additional absorbing surfaces will come in form of the low walls separating parts of the lobby and forming intimate areas for people to sit and enjoy.



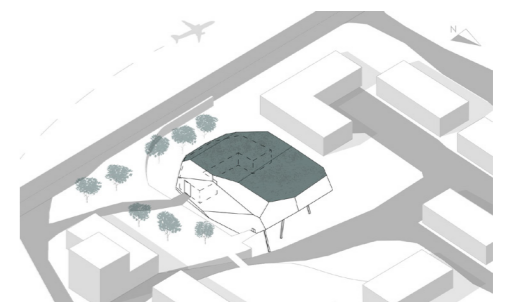
### VENTILATION WITH CONSIDERATION

Concert music is a delicate art which is performed by musicians with expensive instruments. These instruments require the finest care to not deteriorate over time, which is why we put consideration into the climate of the orchestra pit. By having different climate zones in the hall, using different systems for each zone, we will be able to control the temperature and humidity of the different zones. In this way we can ensure that the climate in the orchestra pit stays the same.

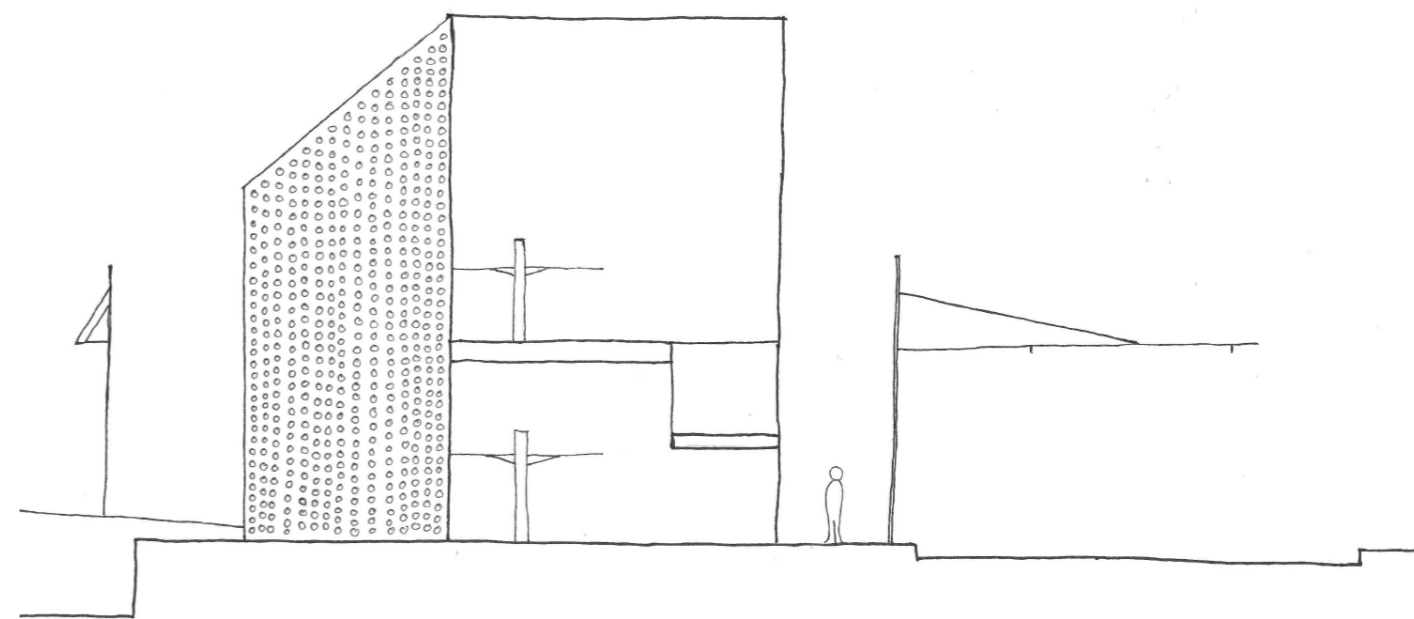
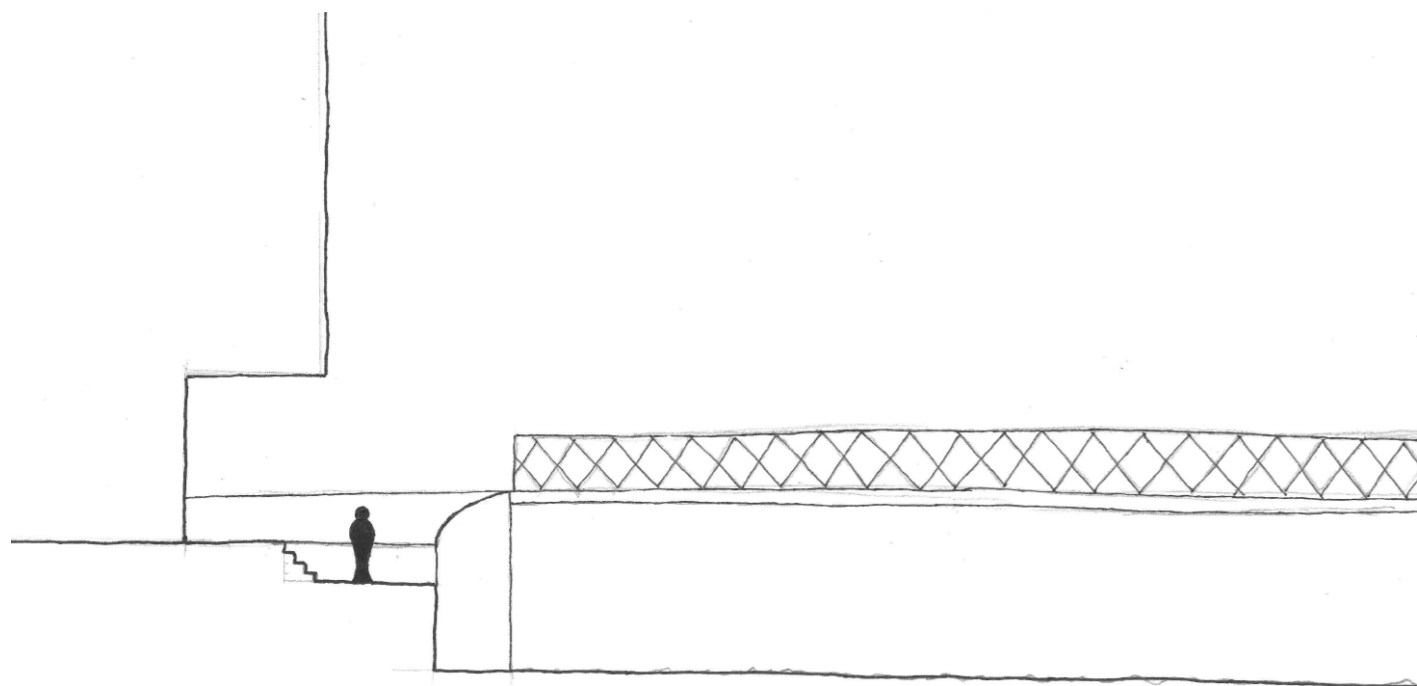


In the hall we want to control the ventilation in a way so it won't create unwanted noises. We achieve this by having air inlet underneath every seat that creates high airflow with low speed. Outgoing air will go out through the pillars, this being possible because of the pillars only being load bearing underneath the hall.

### NOISE CANCELING

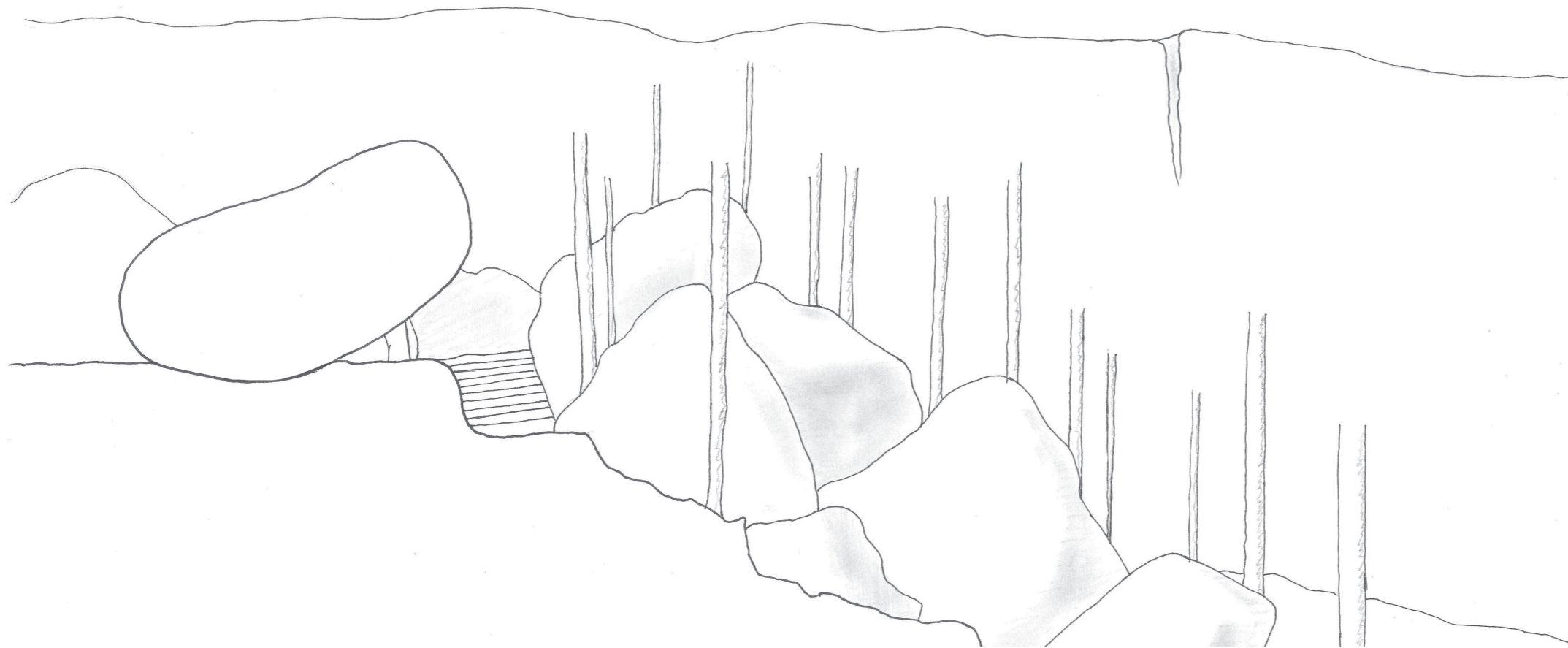


The building is in close proximity to a highway and an airport which are sources of noise. The rooms backstage are organised so they form a noise blocking wall between the road and the hall. The green roof will help with absorption of the noise for the outside environment.



## PLATSBESÖK

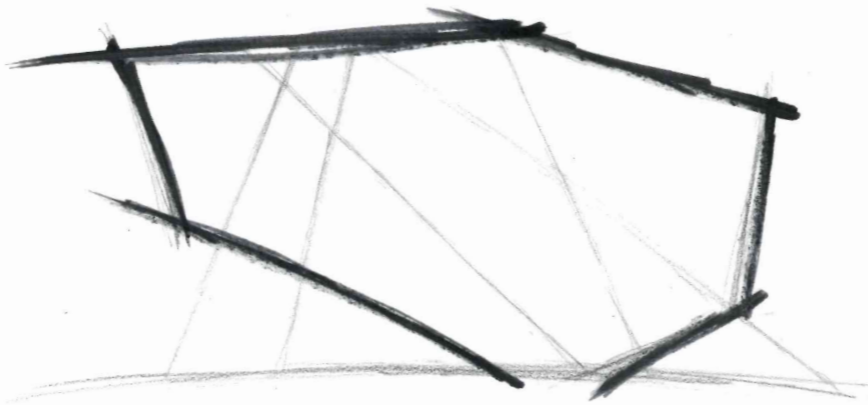
Projektet utgick från fyra olika egenskaper som hallen designats med avseende på. Hur ljud upplevs, integrering av ljus, krafter i naturen och hur naturen skyddar sig själv från sin omgivning. Första uppgiften i projektet utgick från dessa egenskaper, och syftet var att finna fyra olika platser i Göteborg där dessa var extra tydliga. Vi fann platser i både skog och stadsmiljö som vi dokumenterade med film och i sektioner. Även om vi i slutändan valde en sektion att fortsätta jobba med, så hämtade vi ändå inspiration ur alla sektionerna på ett eller annat sätt.

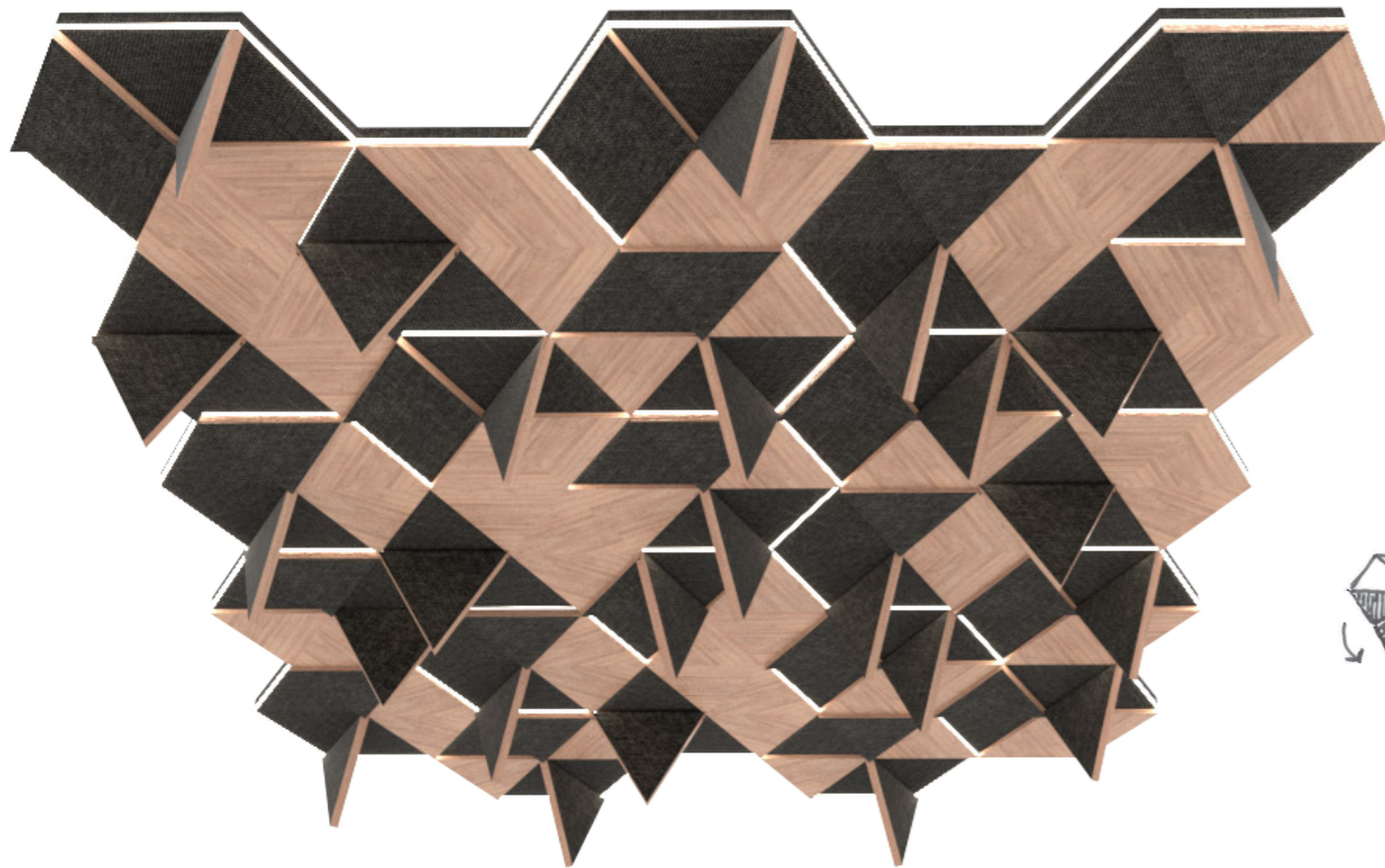


## PROJEKTETS START

Den mest intressanta platsen enligt oss var längs med klippväggen i Bergsjön. En sten som stod på en avsats tycktes vilja falla över på grund av sin storlek och form. För att förhindra detta hade folk placerat ut pinnar under stenen där utkragningen var som värst. Vi började tänka på hur pinnarna kan vara en del av stenens konstruktion och hur krafterna kan samspela inuti stenen.

Man kan se det här som starten för vårt kreativa tänkande runt den här uppgiften. Vi såg hur kraften mellan stenen och pinnarna kunde översättas till pelare i vår byggnad. Vi tänkte att pelarna skulle gå igenom byggnaden och att operasalen skulle hållas upp av pelarna och få ett svävande uttryck.



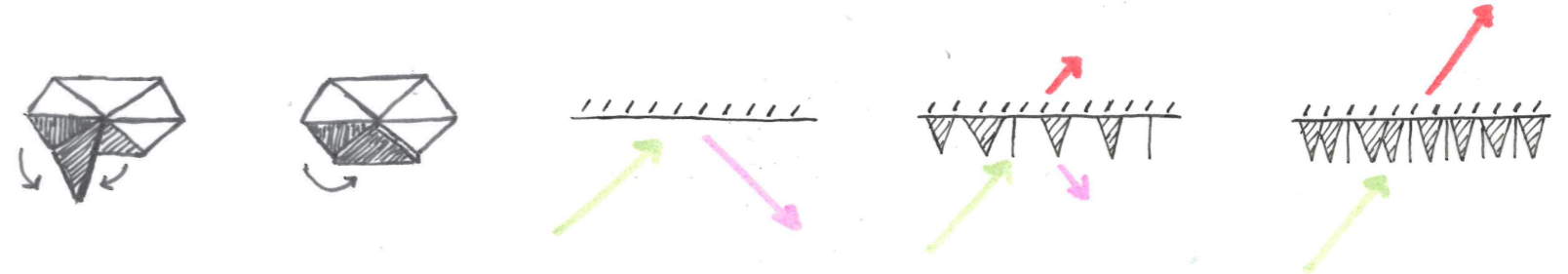


*Variabla abroptionspaneler*

## ETT MULTIFUNKTIONELLT RUM

En viktig programpunkt var att operahallen även skulle användas för konserter och föreläsningar. Dessa olika tillställningar kräver olika efterklangstider för att upplevas som bäst. I samarbete med akustikstudenten skapade vi en variabel absorberpanel med vilken vi kan styra efterklangstiden till de önskade värdena för olika frekvenser.

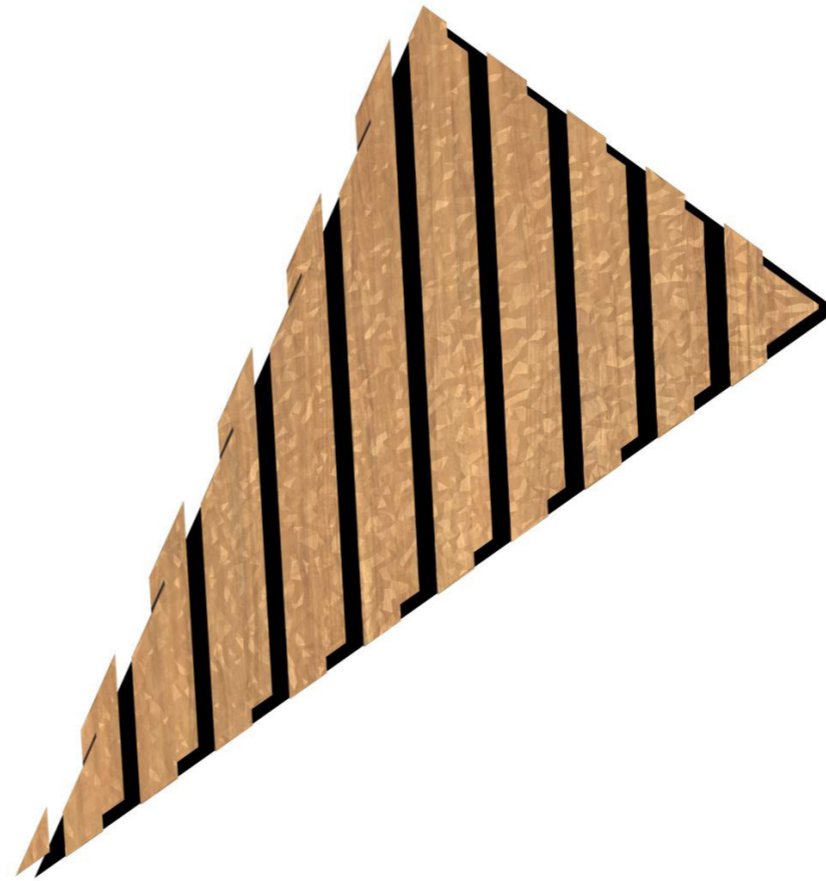
Denna panel finns även i uppvärmningsrummet där man enkelt kan ändra mängden absorption man vill ha. Detta eftersom operasalen ligger på ett campus och vi vill integrera byggnaden i lärandet.



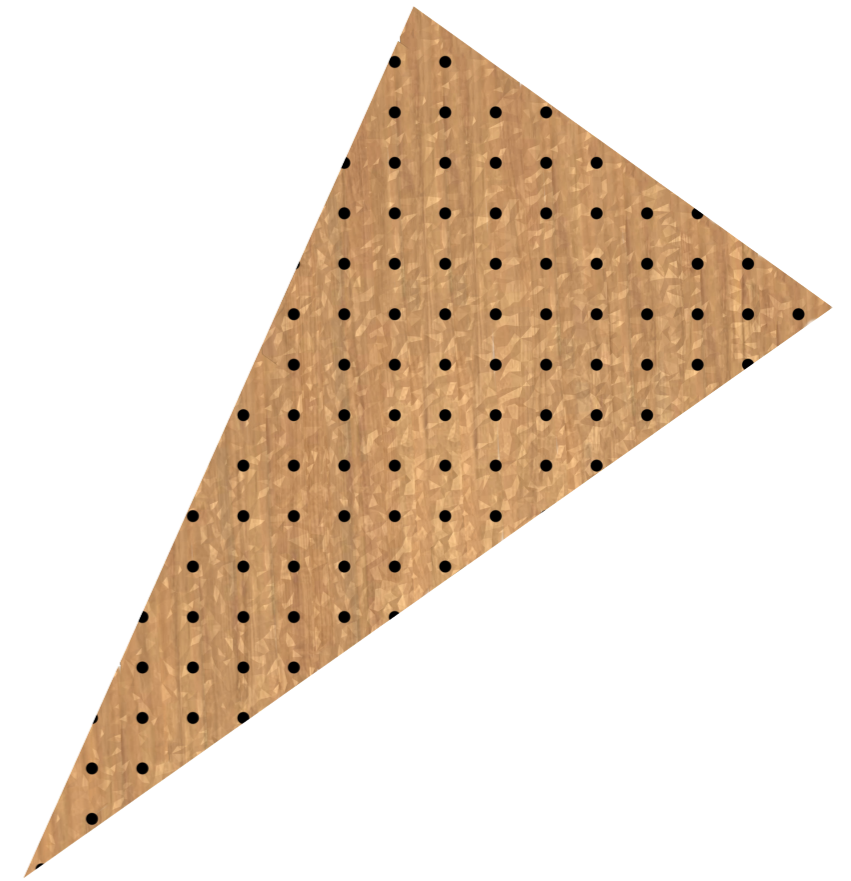
## SPRIDNING AV LJUD

För att förhindra oönskade reflektioner, som kan uppstå när ljud studsar mot väggar flera gånger, skapade vi en panel som sprider ljudet. Komponenten skapas av en plan träskiva som omformas till små irreguljära trianglar. Utöver att sprida ljud så har panelen ett ytterligare syfte. Bakom träskivan finns ett absorberande material som sänker efterklangstiden för en given frekvens.

Denna prototyp genomgick några iterationer för att få sin slutgiltiga form. Från början var tanken att använda denna panel som en variabel absorbent, men efter undersökning framkom det att behovet för sådana inte var så stor. Därför utrustade vi i stället panelen med Helmholtz-resonatorer som inte är variabla.



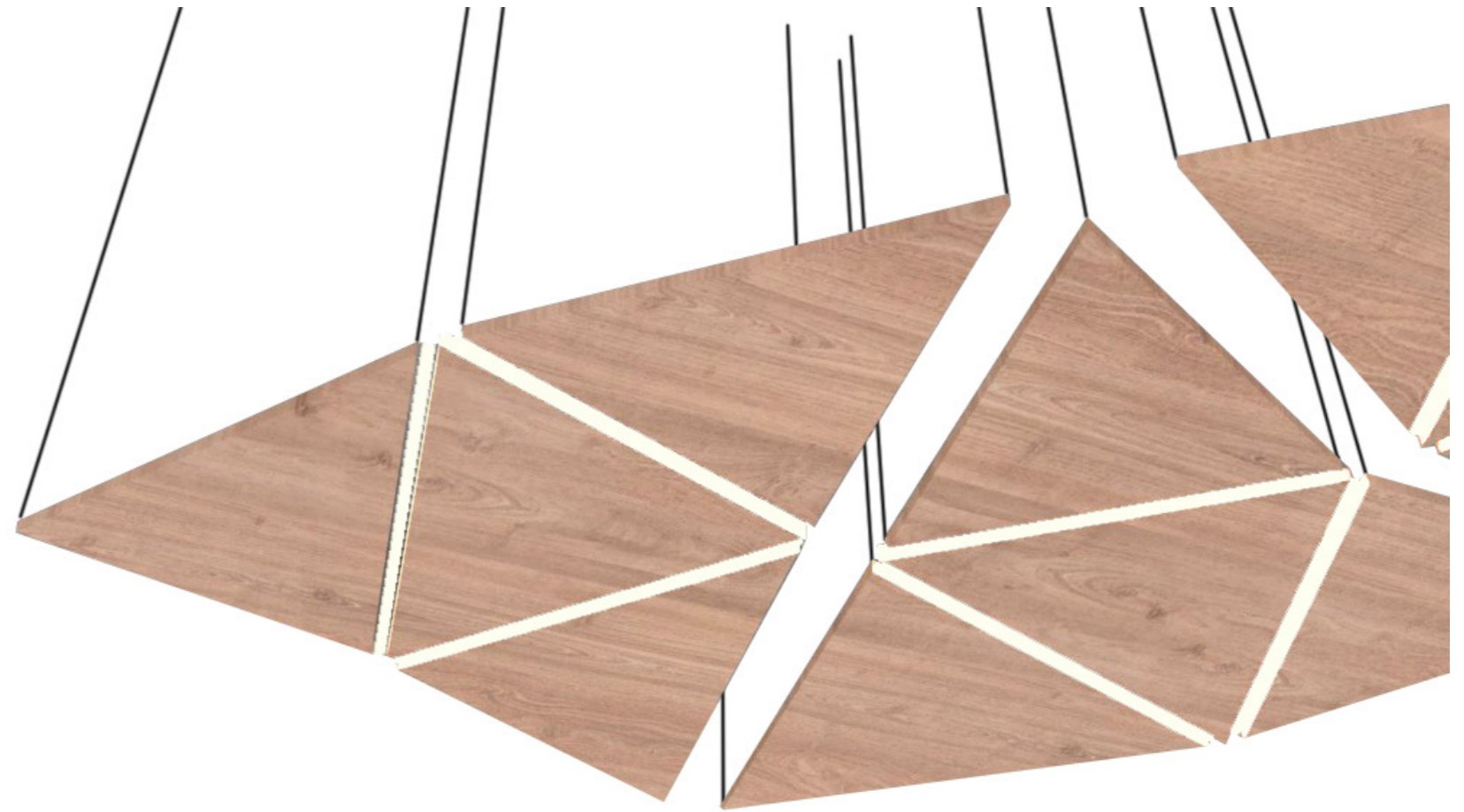
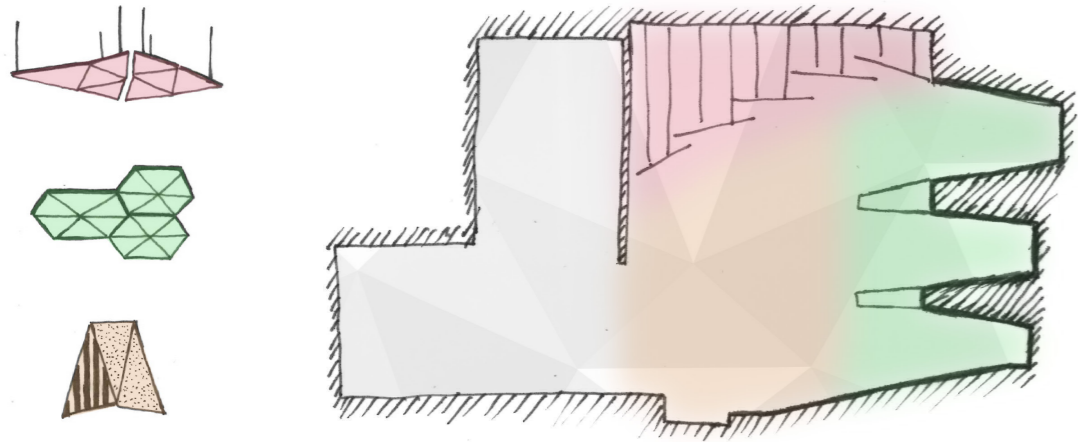
*Första iterationen av panelen*



*Slutgiltig iteration med Helmholtz-resonator*

## ANVÄNDNING AV PROTOTYPER

Vi studerade i vilka områden av rummet som prototyperna kommer behövas för att optimera ljudet i operahallen. Den spridande panelen med Helmholtz-resonatorer placerade vi nära scenen där de gjorde mest nytta. Den variabla absorptionen finns i bakre delen av salen, och i taket finns de hängande panelerna som hjälper ljudet bakåt i salen.

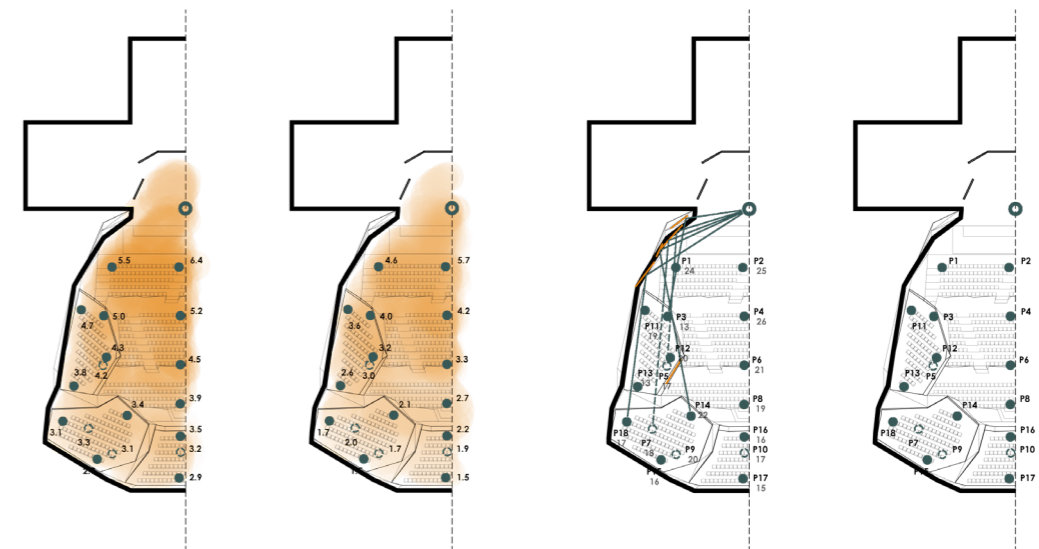


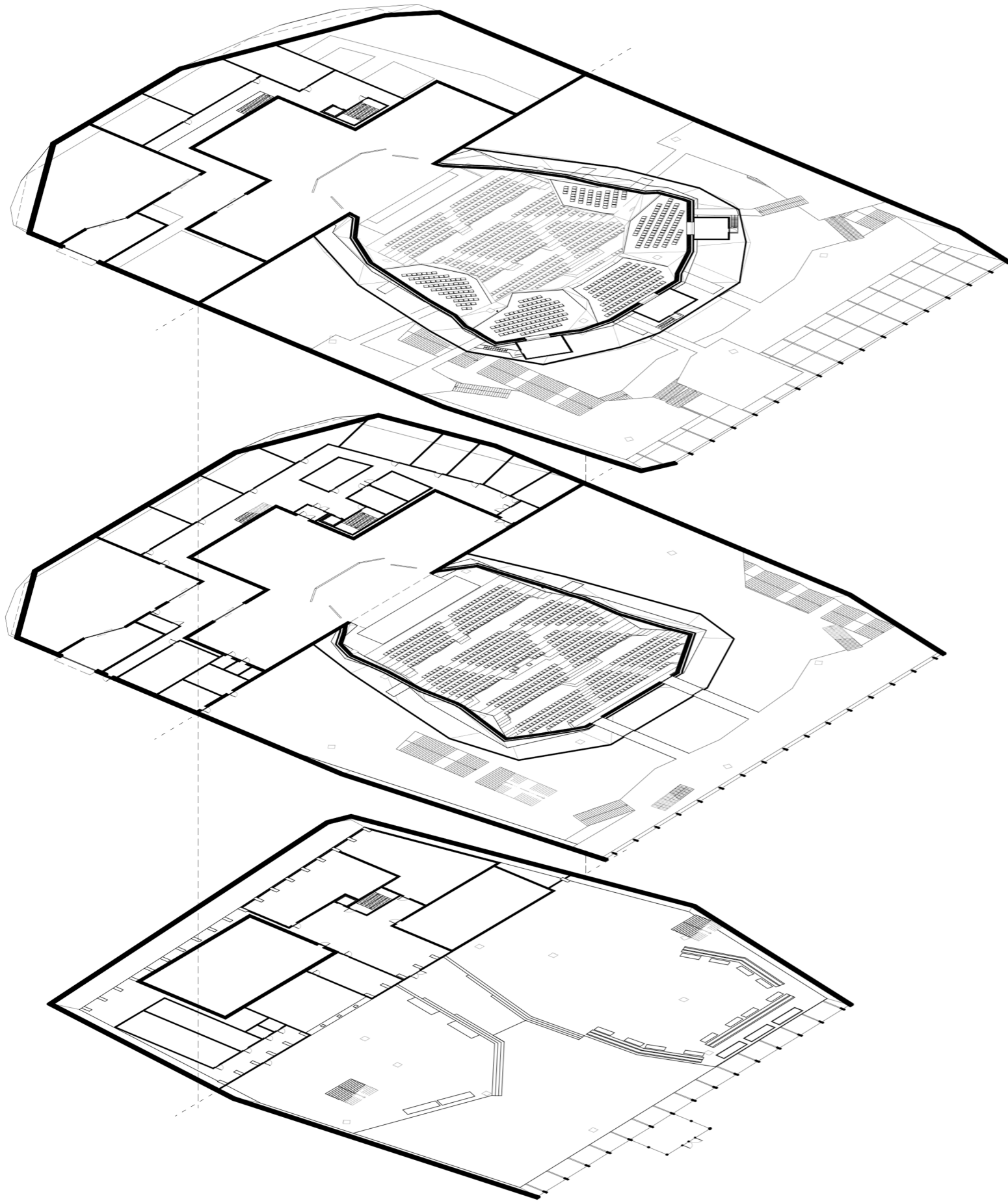
Hängande paneler



## OPERAHALLEN

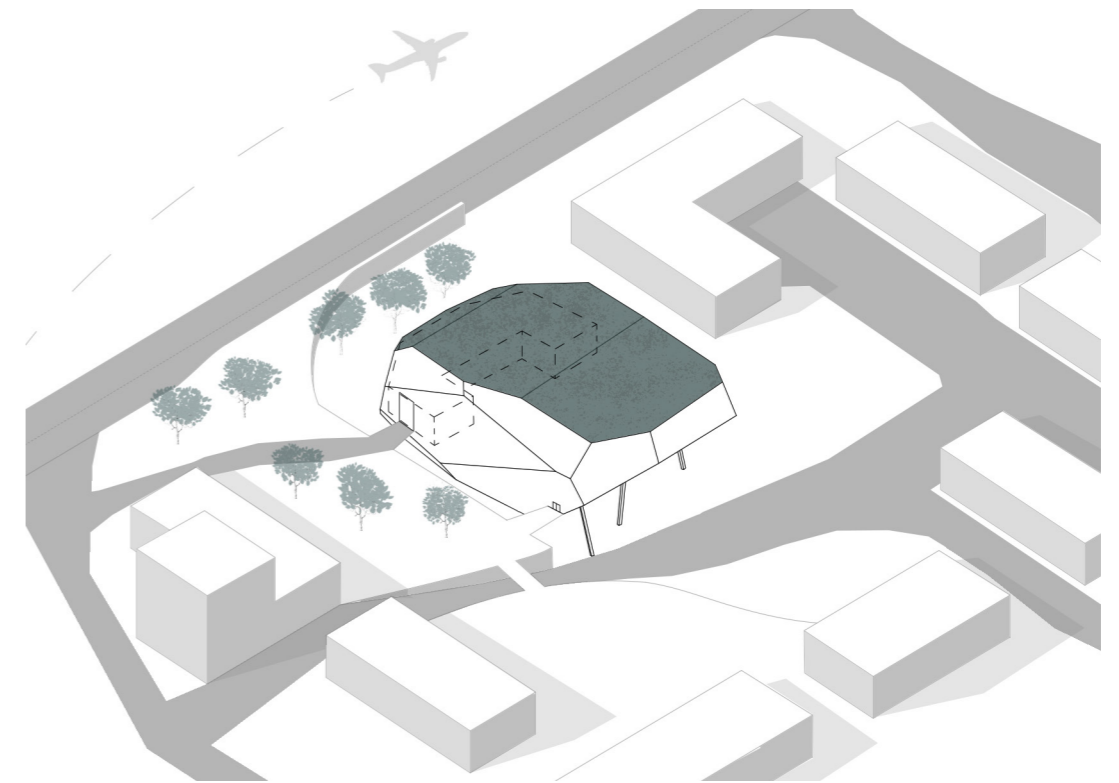
Hallen utformades av dessa akustiska prototyper integrerade i konstruktionen via triangulära paneler. Dessa vinklas för att rikta ljudet mot publiken, samt ge hallen det skarpa uttrycket från stenar. Upplägget för sättesplacering följer samma princip av triangularitet, då platserna ligger som enskilda öar med gångar emellan. Dessa designval är medvetet gjorda för att få en bra ljudstyrka samt minska ITDG.

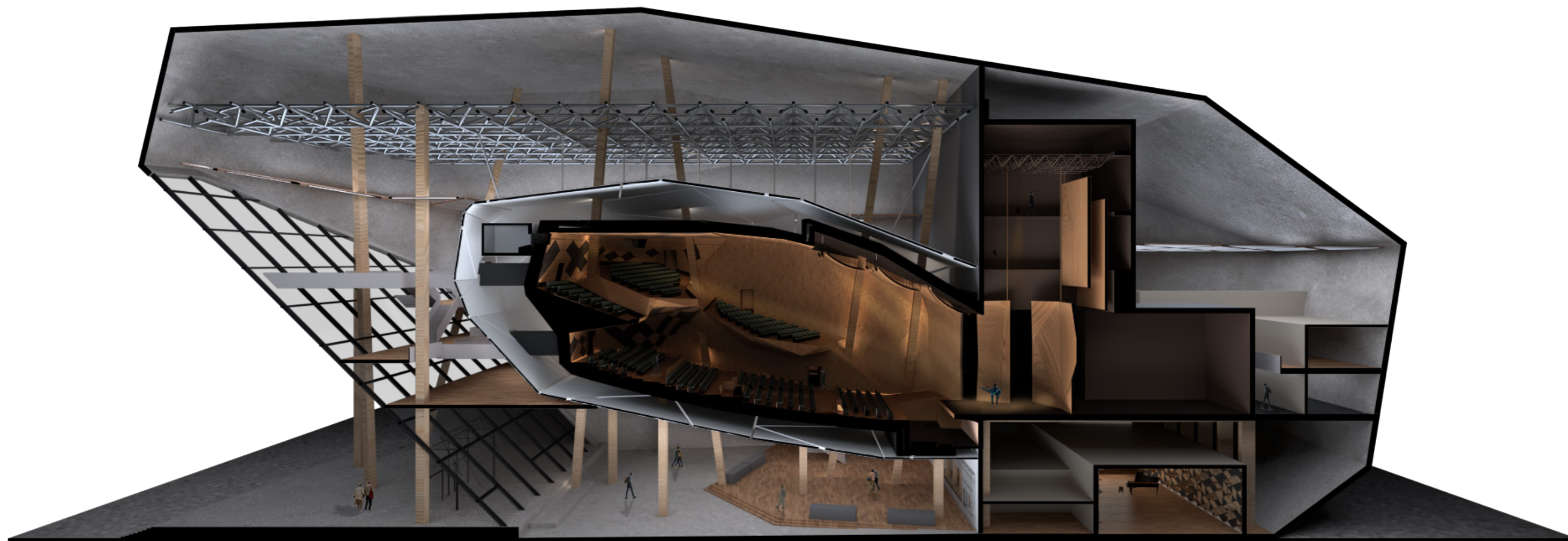




## LJUDBLOCKERANDE KONCEPT

Planen handlar mycket om rörelsen mellan olika plan. Eftersom hallen svävar centralt i byggnaden så skapas det många våningar. Vi ville undvika symmetri så gott det gick och placerade därför trapporna helt oberoende av varandra med olika placeringar och vinklar. Byggnaden delas på mitten av en vägg som skiljer delen för åskådare från delen för de som framträder. Området bakom scenen är uppbyggt på tre plan där rummen är placerade mot motorvägen för att blockera buller från att ta sig till hallen. Det finns även ett grönt tak som absorberar ljud från ovan.





## FRÅN KONCEPT TILL BYGGNAD

Stenen vi hittade i skogen var starten för vad som skulle bli en operahall. Hela projektets identitet bygger på denna kraftuppvisning som vi noterade lite i förbifarten under platsbesöket. I efterhand har jag reflekterat över vad det var som gjorde att vi valde ett koncept så tidigt

och arbetade runt det så helhjärtat. Jag tror att det beror på att vi hade en så stark idé som gjorde det enkelt att arbeta med det. Vi kände oss också trygga i hur vi skulle visualisera den här stenen till en färdig byggnad. På grund av vår trygghet i gestaltningen så kunde vi lägga fokus på

andra delar av byggnaden. Jag ser också en styrka i vår förmåga att hitta inspiration till projekt. Den här stenen är förmodligen inte så speciell som vi får den att låta, men vi lyckas ändå hitta nog med inspiration för att skapa en operahall från den.

## REFLEKTION

Operahallen blev i slutändan vad jag satte upp som mål att skapa. En byggnad som får folk att stanna upp och förvånas över arkitekturen. En tekniskt avancerad konstruktion som är på gränsen till för optimistisk. Under designprocessen stannade vi ibland upp och funderade om det vi ritade var realistiskt. Oftast slutade det med att vi bestämde oss för att testa våra idéer och studera vilka konsekvenser vi skulle få. Hur detta förslag fungerar som ett riktigt arkitekturprojekt är svårt att säga. På grund av vår idé om att vi ville skapa något som var så monumentalt och konstruktionsmässigt svårt, så finns det detaljer som kan behövas tänkas igenom igen. För min egen del är jag väldigt nöjd med förslaget eftersom jag anser att det inte ska vara en färdig byggnad vid det här laget. Vi har bara visualiserat hur vi tänker oss att operahallen ska vara i det här läget, och inte fokuserat på vilka svårigheter som uppstår ingenjörsmässigt.

Jag var inte så väl inläst på akustik när vi började med detta projekt. Vår akustiker var till väldigt stor hjälp för att skapa prototyper och reflektera över bra ljudvärden i operahallen. Vi visste från början vilka olika prototyper vi skulle behöva. Absorption, reflektion och spridning och riktning av ljud. Medan vi skapade dem så tänkte vi hela tiden att de skulle vara integrerade i väggar och tak i hallen. Det visade sig att prototyperna fungerade bra för det ljudet vi ville uppnå, vilket vi inte var helt säkra på under projektets gång.

Vad gäller att integrera tekniska lösningar i vår design så finns det nog mer vi hade kunnat göra. Vi integrerade de akustiska prototyperna i väggarna och taket av hallen och lobbyn. Vi byggde även in ventilationen i pelare som gick igenom hallen. Däremot lade vi inte så mycket tid på ljuset. Vi har idéer om vilka områden som ska lysas upp, men vi har inte funderat på hur man integrerar det. Det hade varit intressant att fundera mer över hur solljuset påverkar den stora glasfasaden på entrésidan, men det fick tyvärr inte plats i tidsplanen.

Grupparbetet fungerade mycket väl mellan alla oss i gruppen. Akustikern som var med i vårt projekt hade tidigare läst arkitektur, vilket jag tror var en stor fördel för vårt slutresultat. Hennes idéer var relevanta både ur en arkitektonisk och akustisk synpunkt. Vi hade väldigt lätt att diskutera konceptet inom gruppen så att alla förstod vad vi ville göra. Förmodligen har det att göra med att vi valde koncept tidigt och höll fast vid det. Även om alla var medvetna om vad målet var, så uppstod det ändå lite svårigheter under arbetets gång. Våra arkitekturhandledningar och akustikerns akustikhandledningar kom ofta med olika information som ibland blev motstridig. Detta ledde till en hel mängd kompromisser, vilket känns tråkigt för projektets skull.

Slutligen tycker jag att det här har varit ett av de roligare projekten jag gjort. Det har känts som en riktig arkitekturprocess eftersom vi har fått samarbeta med andra discipliner. Jag har insett att designprocessen blir mer komplicerad när man måste tänka på saker som akustik, inneklimat och struktur. Dock menar jag inte att det är något negativt. Det känns bättre när jag vet att det här projektet faktiskt har blivit kontrollerat av en person som är insatt i akustik. Det ger mig en bekräftelse att jag kan skapa arkitektur och förstår alla dess komplexa delar. Jag har insett att arbeta i en sådan här process kräver mycket gruppdynamik, och det är något jag kommer ta med mig inför liknande projekt i framtiden.

