

# EC(H)O

## Embracing sound and nature

YR3: Kandidatarbete i Arkitektur och Teknik  
Grupparbete: Isabelle Olsson Albina Lampa & Marius Hildén

---

### PROJEKTBEKRIVNING

Projektet utgår från den årliga akustiktävlingen från American Society of America. Uppgiften var att rita en teater för 700 personer med variabel akustik för att skapa ett multifunktionellt auditorium. Byggnadens kontext var i hög grad upp till oss själva att utveckla men med förutsättningen att en motorväg går 60 meter från byggnaden.

### REFLEKTION

Detta projektet var vårt kandidatarbete och vi samarbetade med en akustiker för att utforma byggnaden och dess akustik. Det var väldigt lärorikt att samarbeta med en akustiker då vi hade olika infallsvinklar till förutsättningarna och problem som uppstod. Samarbetet fungerade bra vilket resulterade i välgrundade akustiska lösningar som även tillförde något arkitektoniskt i form av exempelvis fasaduttryck och dagsljus. Vårt mål var att låta varje akustisk lösning ha minst en annan funktion ur hållbarhetssynpunkt som naturlig ventilation eller regnuppsamling.

Den största utmaningen var att prioritera mellan det arkitektoniska och det akustiska och försöka få inspiration av problem istället för att känna att det vi behövde uppnå akustiskt begränsade oss. Av naturliga skäl var många av de tekniska lösningarna fokuserade till akustiken vilket gjorde att inte lika mycket tid hann läggas på hållbarhetslösningarna. I fortsatt arbete hade det varit intressant att utveckla dessa vidare och gräva ner sig i de lösningarna lika mycket som de akustiska.

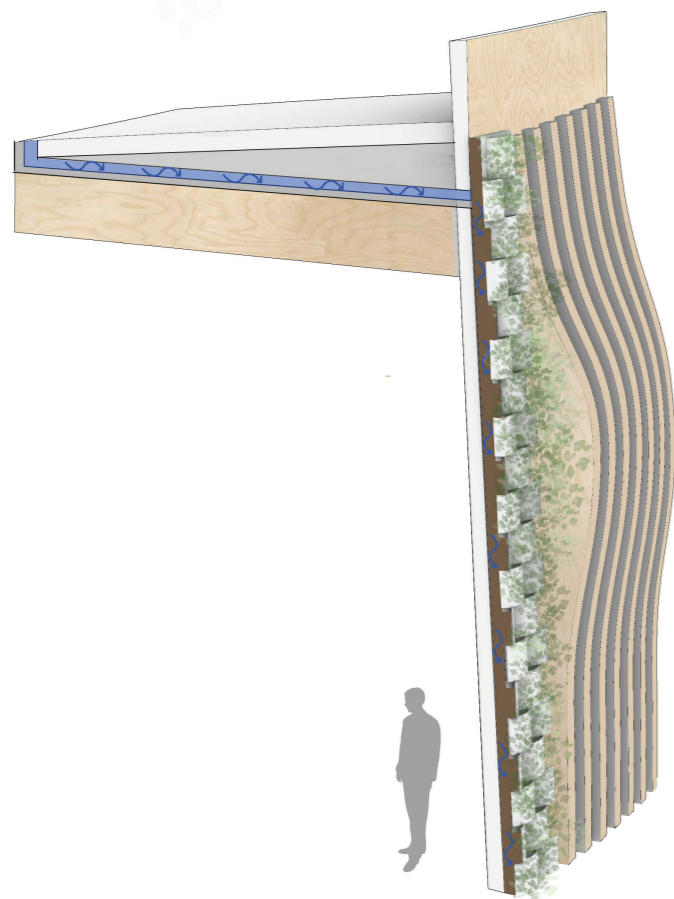


## OMFAMNANDE

Byggnadens koncept är att skapa ett levande utrymme med många olika möjligheter både socialt och akustiskt. Beläget i ett urbant läge med nordiskt klimat kommer denna byggnad också att stödja biologisk mångfald genom sina planteringar och gröna fasader. Byggnadens omfamnande form skapar ett grönt promenadstråk på taket som leder till en uteservering. Volymen skapar också en avskärmd social entrésidan där det finns en utomhusscen som kan samla folk i samhället och användas för multifunktionella ändamål som utomhuskonserter eller utomhusbio.

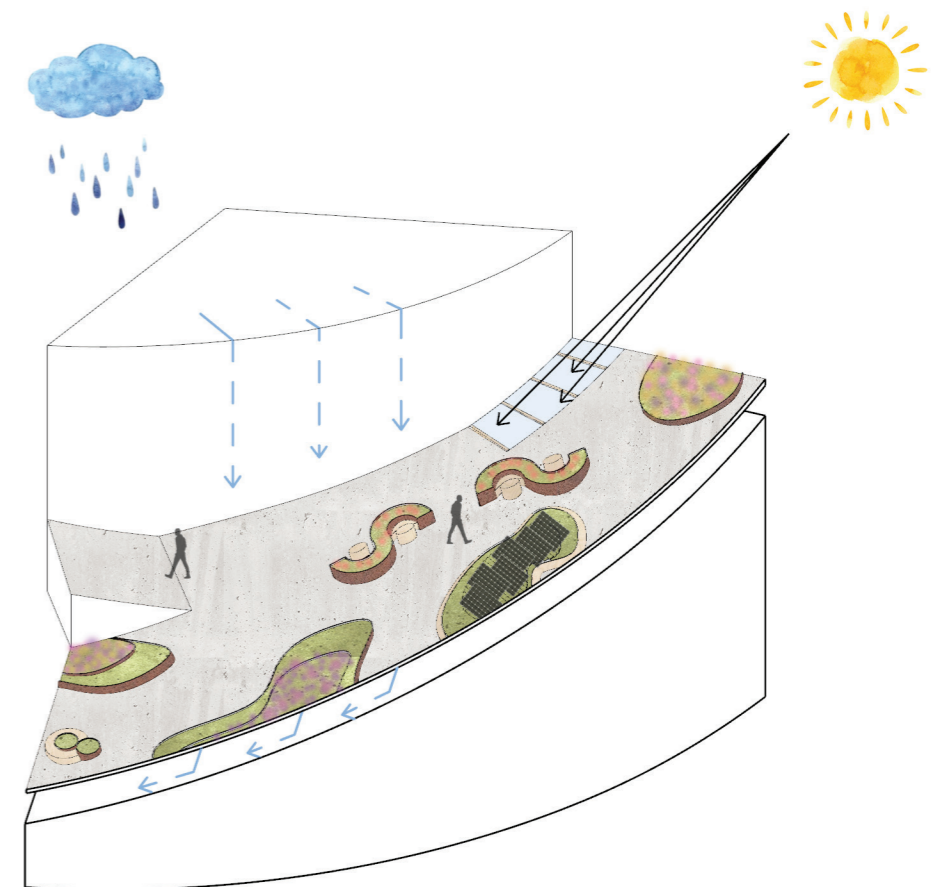
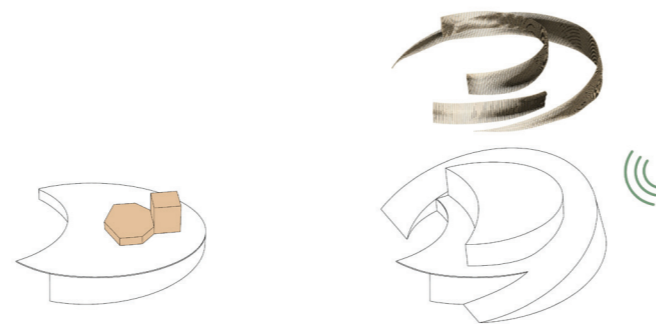
## SKYDDANDE BIO-BARRIÄR

Trafikbuller från en motorväg 60 meter från byggnaden är det största bullerproblemet att ta i beaktning. Den omfamnande och lutande formen skyddar den glasade entréfasaden mot buller. Fasaden mot motorvägen är konstruerad som en dubbelvägg i trä med träribbor som tillsammans med den rundade formen sprider ljudet och hjälper till att sänka ljudenergin som möter fasaden. Sektioner närmast motorvägen kommer fungera som en bio-barriär med jord och växter som reducerar de låga frekvenserna genom att ge byggnaden tyngd och agera absorberande. De absorberande egenskaperna hos vegetationen och jorden bidrar också till att minska ljudets diffraktion runt byggnaden. Växtligheten kommer att vattnas med regnvatten och vattnet tillsammans med jorden hjälper också till med utjämnade temperatursvängningar över dagen.



## RESURSNYTTJANDE

Ec(h)o har som mål att vara en del av den gröna framtiden. För att integrera hållbara lösningar i det urbana stadslivet är den lutande gångvägen vinklad för att möjliggöra uppsamling av regnvatten. Det uppsamlade vattnet lagras i underjordiska tankar och återanvänds inne i byggnaden. På taket finns också gröna planteringar som ger naturlig isolering, ljudabsorption och har solpaneler ovanpå för att lagra energi. En annan viktig aspekt för byggnaden var att tillåta dagsljus och samtidigt blockera ljud. Takfönster är därför placerade för att ge backstage-området naturligt ljus under dagen då arbete utförs i lokalen.





Perspektiv på utescenen vid entrén

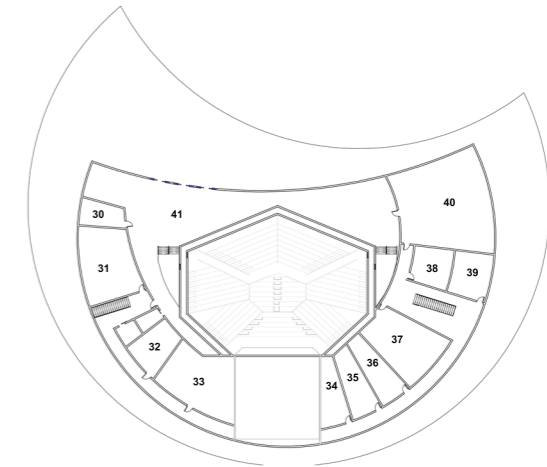
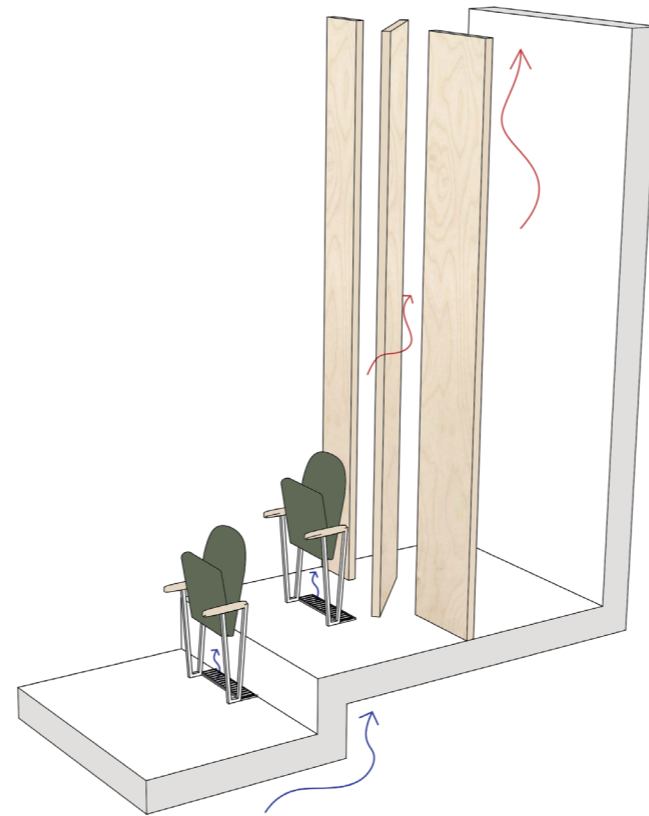
## ABSORBERANDE SITTGRUPP

I lobbyn och restaurangen kommer det att finnas tygklädda sittplatser för att skapa en bra ljudnivå för samtal.



## NATURLIG OCH TYST VENTILATION

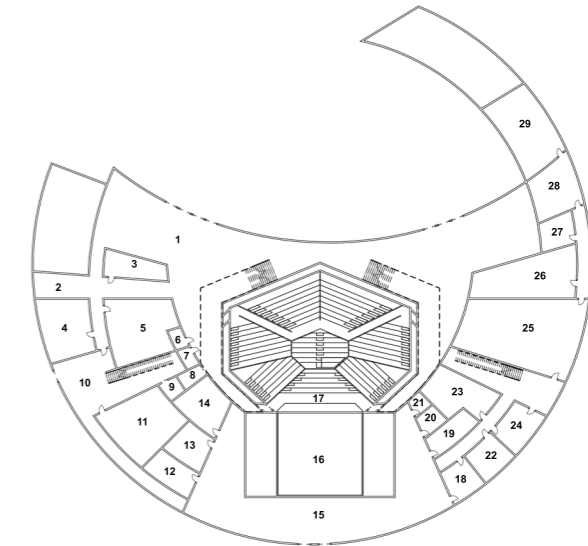
Den extra volymen i auditoriet har inte bara akustiska egenskaper utan används för att naturligt ventilera rummet när panelerna öppnas. Intag av frisk luft sker under sätet medan använd luft stiger upp och sipprar ut uppe vid taket. Detta ger auditoriet ett luftflöde som både är energieffektivt och som minimerar störande ljud från ventilationen. Värme från den använda luften återanvänds också och överförs till personalutrymmet där uppvärmning behövs.



1. Lobby
2. Wardrobe
3. Box Office
4. WC Men

1. Lobby
2. Wardrobe
3. Box Office
4. WC Men

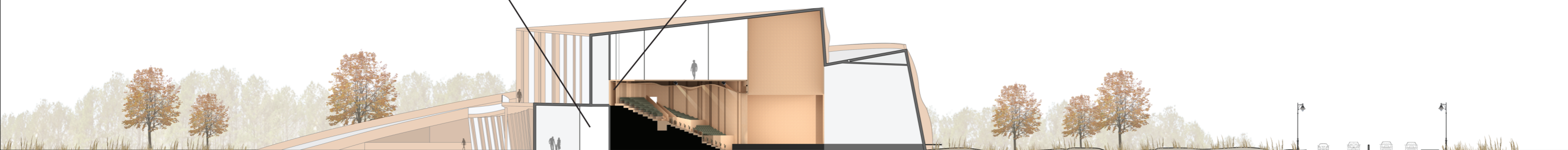
1. Lobby
2. Wardrobe
3. Box Office
4. WC Men



1. Lobby
2. Wardrobe
3. Box Office
4. WC Men
5. WC Women
6. WC Unisex
7. WC Unisex
8. Elevator
9. Staff Elevator
10. Staff Entrance

1. Lobby
2. Wardrobe
3. Box Office
4. WC Men
5. WC Women
6. WC Unisex
7. WC Unisex
8. Elevator
9. Staff Elevator
10. Staff Entrance

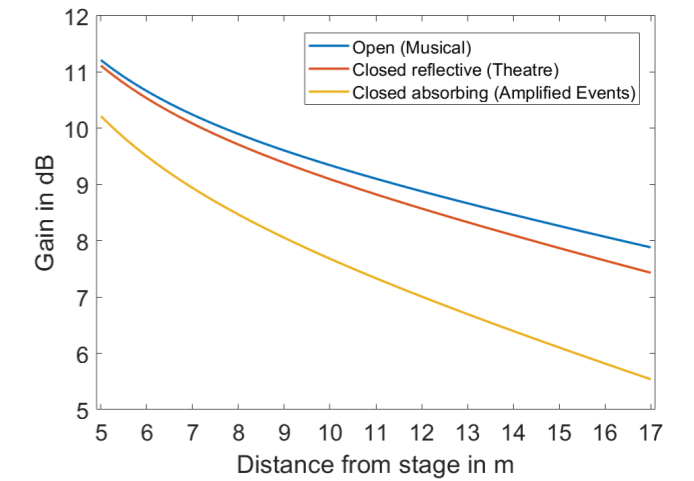
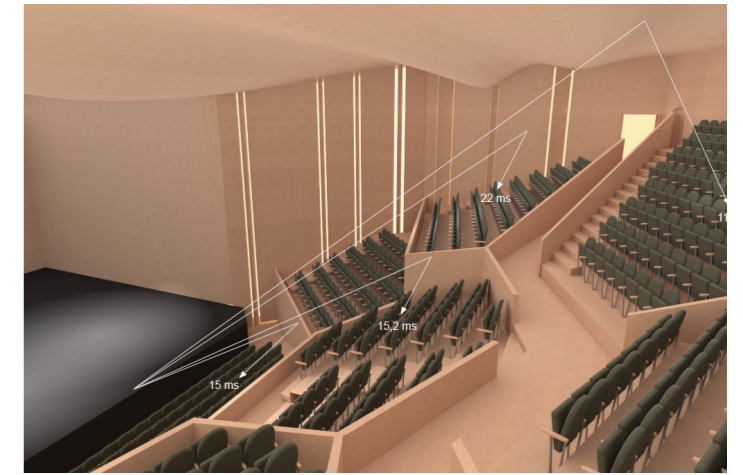
1. Lobby
2. Wardrobe
3. Box Office
4. WC Men
5. WC Women
6. WC Unisex
7. WC Unisex
8. Elevator
9. Staff Elevator
10. Staff Entrance





## TIDIGA REFLEKTIONER

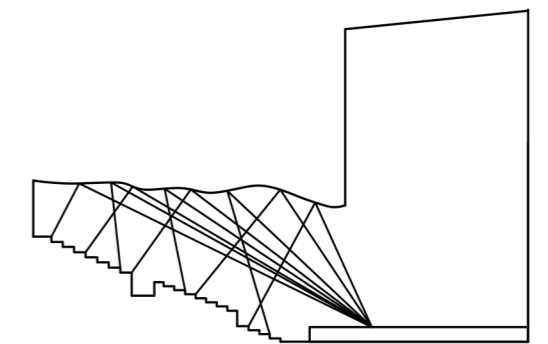
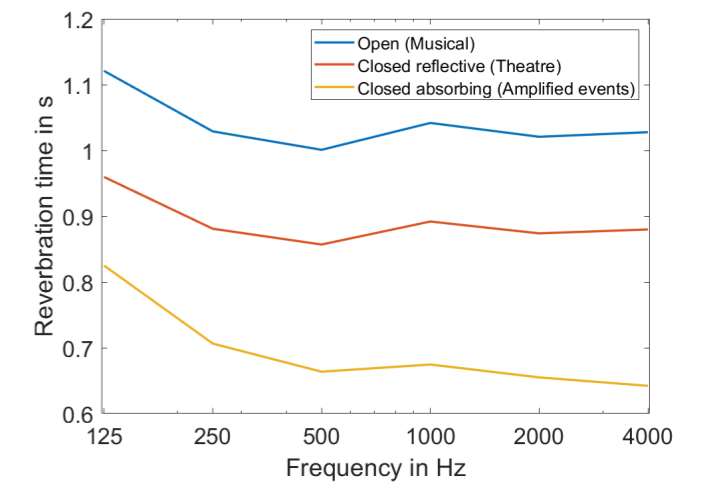
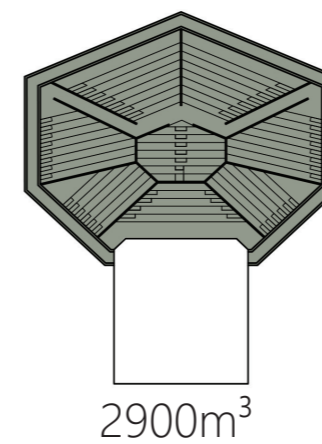
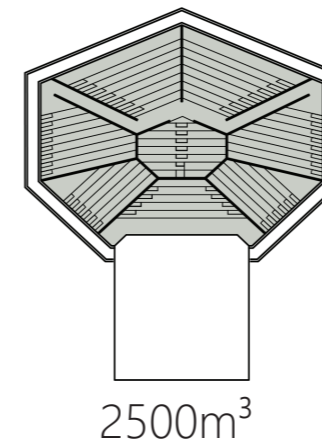
Auditoriet kommer att få en intim och krispig ljudmiljö tack vare sektioneringen av läktaren. Varje sektion är omgiven av väggar som resulterar i ett stort antal tidiga reflektioner och därför ett lågt initial time delay gap i intervallet 11 ms till 22 ms. De tidiga reflektionerna resulterar också i god förståelse och ljudstyrka för alla sektioner i auditoriet. Läktaren är också relativt brant för att ge både god syn och tillgång till direkt ljud för alla i publiken. För att undvika eko från den bakre väggen minimeras höjden på denna vägg och den är även vinklad. Taket är format som en asymmetrisk våg för att spridas och diffusera ljudet. Den största kurvaturen ligger nära scenen för att sänka takhöjden och rikta ljudet till platserna i mitten av auditoriet.



## VARIABEL AKUSTIK

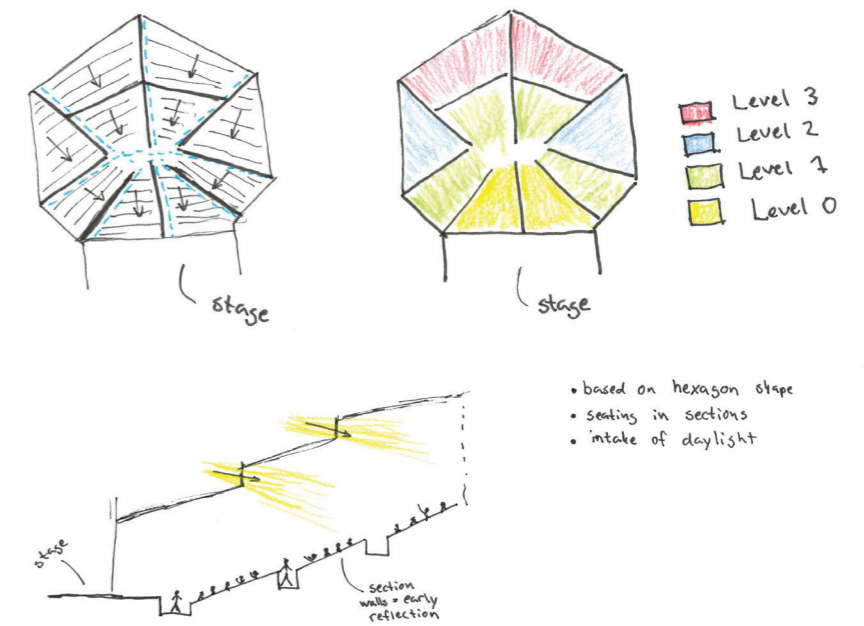
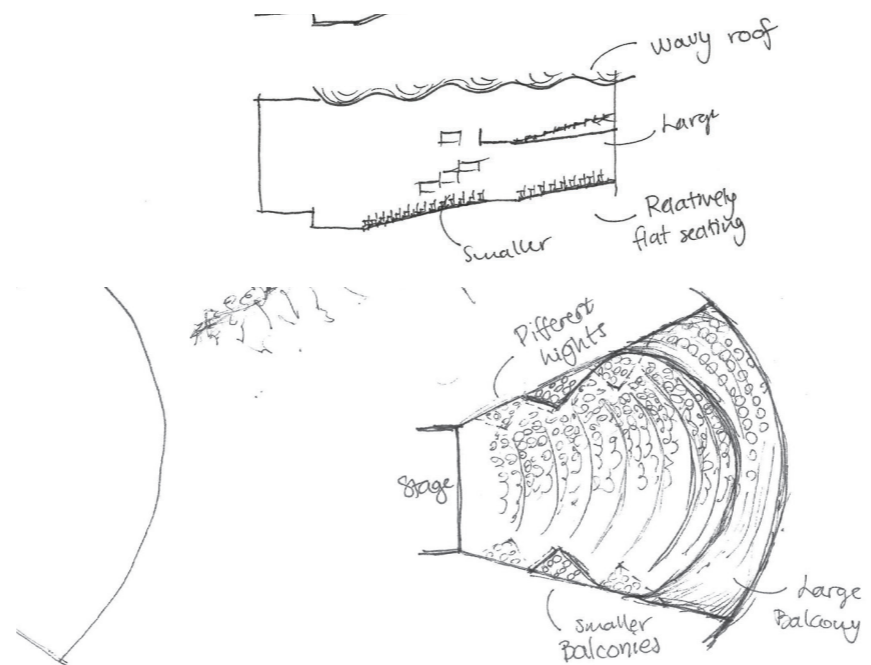
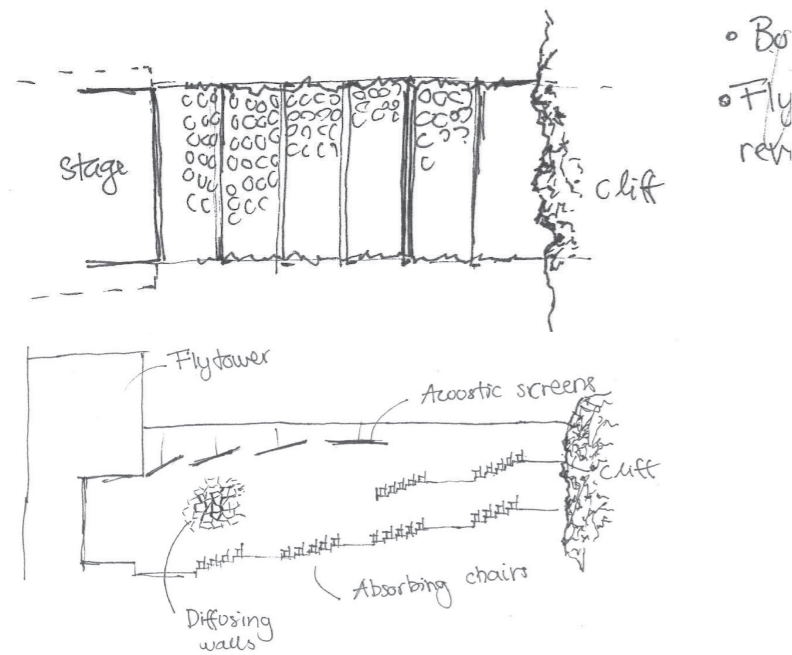
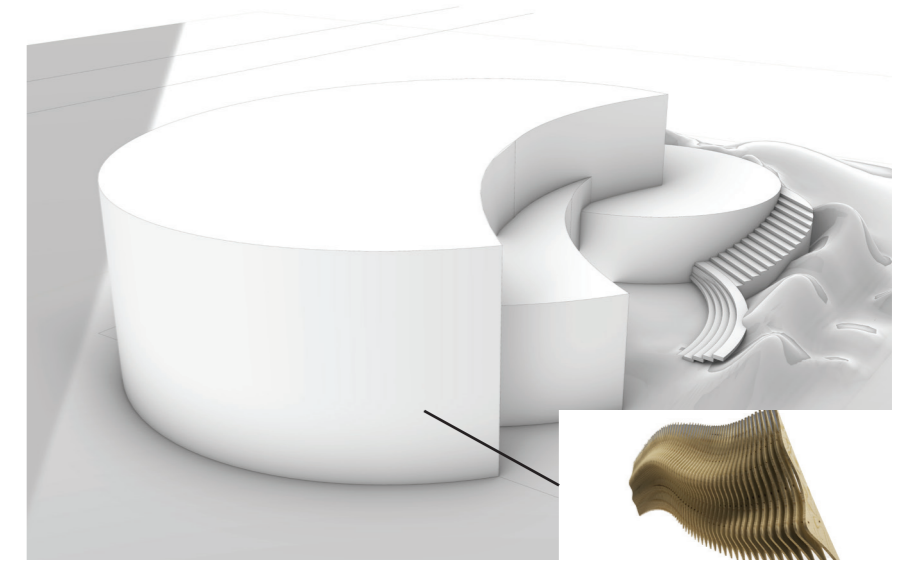
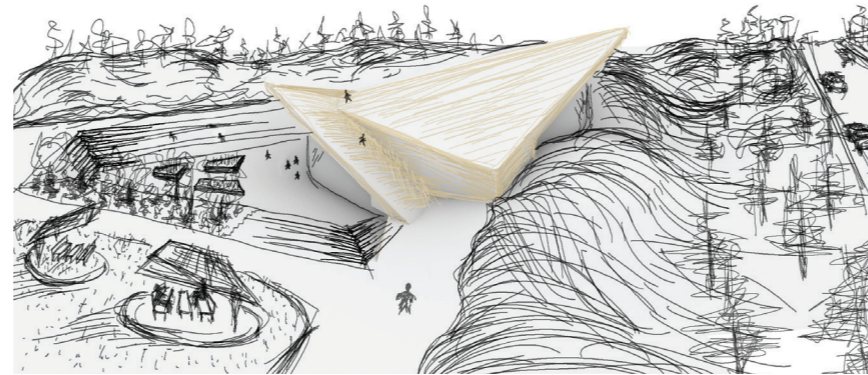
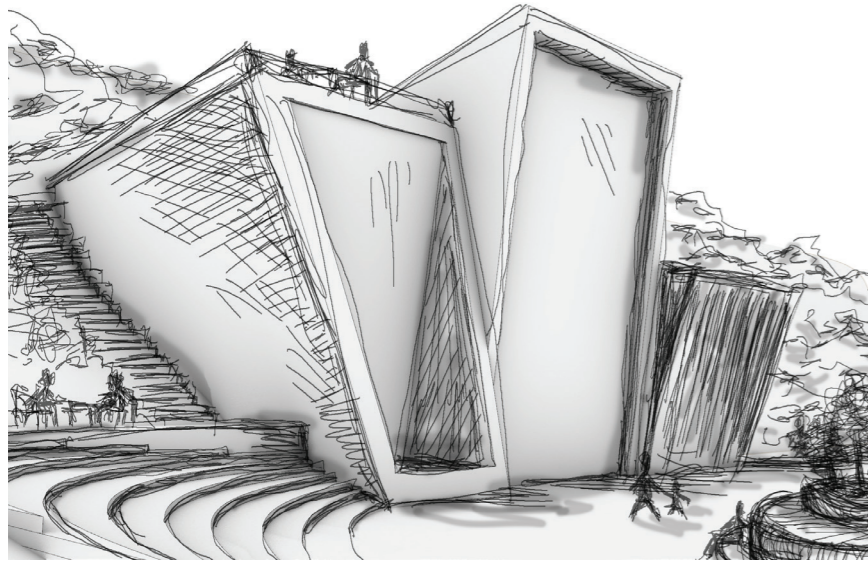
Auditoriet är utformat för att fungera för en mängd olika evenemang som t.ex. som teaterföreställningar, musikalerna och amplifierade evenemang. Genom att använda ett panelsystem som kan agera både reflekterande yta, öka auditoriets volym och vändas för att fungera som porösa absorbenter kan efterklangstiden justeras för att passa eventet. För teatraliska föreställningar är alla paneler vända till den reflekterande sidan, vilket ger en efterklangstid på ungefär 0,9 s. När

musikalerna framförs öppnas panelerna för att öka volymen vilket resulterar i en efterklangstid på strax över 1 s. Denna ökning gör auditoriet mer lämpat för musik medan den fortfarande är tillräckligt låg för att ge god förståelse av tal. Båda dessa alternativ har en gain på ungefär 11-8 dB för de olika platserna i publiken. När högtalare behövs, kan den absorberande sidan av panelerna exponeras för att minska efterklangstiden till så lågt som 0,7 s. Detta ger bättre taluppfattbarhet genom att minska störande reflektioner som uppkommer vid användning av förstärkningsutrustning.



# DESIGNPROCESS

# TRE KONCEPT



## KLIPPAN

Idén var att använda en naturlig klippa som skydd mot motorvägs ljudet och att skapa en social trappa med bortsprängd sten. Klippan skulle också fungera som en diffuserande vägg inne i auditoriet. Vi uppskattade idén om att volymerna skulle skjuta ut ur berget och skapa denna spaktakulära entrésituation men kände samtidigt att det inte riktigt var försvarbart att bygga upp en artificiell klippa för att på så sätt eliminera motorvägsproblemet.

## PAPPERSFLYGPLAN

Konceptet är en väldigt social byggnad som kan komma till gagn för alla stadens invånare. Genom att förbipasserande kan ta en promenad upp på byggnaden och njuta av utsikten. Vi ville också jobba med en kontrast mellan den rejäla trästommen och det lätta uttrycket som vingarna ger. Auditoriets främsta koncept är det vågiga taket och balkongerna som fungerar som diffusorer. Det vi tog med oss från detta koncept till slutförslaget är det vågiga taket och den sociala aspekten med en byggnad man kan promenera på.

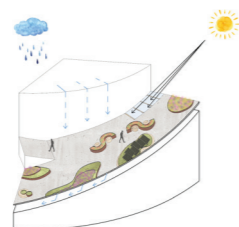
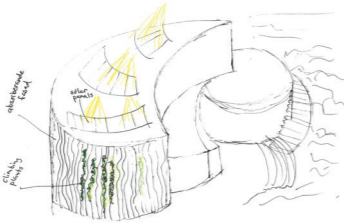
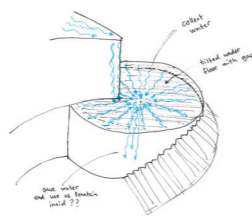
## EC(H)O MOON

Detta är konceptet som vi valde att gå vidare med tillsammans med några utvalda delar från de andra två koncepten. Det vi fastnade för var den tydliga och skyddade entrésituationen, att använda sig av själva fasaden som bullerskydd för att undvika extra vallar eller bullerskärmar och att auditoriet blir dynamiskt med möjlighet för många tidiga reflektioner. Ambitioner för vidare utveckling var att utveckla formen och fasaden. Dessutom att jobba in det vågiga taket i auditoriet och skapa en mer social byggnad med gångstråk på eller runt byggnaden.



## RESURSER

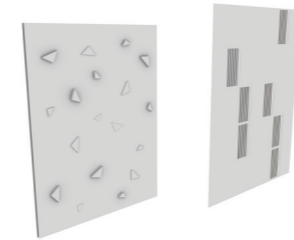
Vi skissade tidigt på lösningar för att ta tillvara på regnvatten och möjligheten att ha solpaneler för att utvinna solenergi. Dessa följde med oss när vi skissade på volymer och integrerades senare i promenadstråket. Vi kommer kunna ta tillvara på den naturliga lutningen för att samla upp regnavttnet men utmaningen blir att få till en självbevattnad fasad då lutningen går in mot byggnaden.



## PANELER AUDITORIET

En av prototyperna vi itererade var någon form av akustiska paneler i auditoriet. Vi startade med att skissa lite olika ideér med målet att de skulle kunna fungera både som diffuserande, absorberande och reflekterande. Vi bestämde oss tidigt för att ha ett extra skal till auditoriet som ökade dess volym, därför var det nödvändigt att panelerna gick att öppna för att komma åt den extra volymen. Vår första idé var att likt den vänstra väggen jobba med klossar som kunde skjutas in och ut men vi insåg efter vi byggt en fysisk modell av en sektion att de skapade mer problem än det gav oss kvaliteér akustiskt. För att förstå ideérna vi hade kring de olika panelerna och dess mekanismer var de fysiska modellerna avgörande.

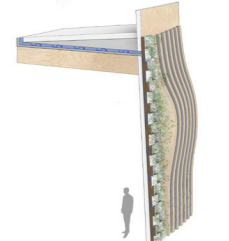
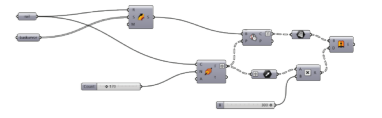
I iteration två provade vi att bygga en prototyp av roterande paneler som roterar runt sin egen axel. En något simplare lösning men som hade de kvaliteér vi eftersträvade och som med enkelhet kan monteras och justeras vilket i sig har ett värde. Vi kände även att något stilrent var ett bra komplement till den dynamiska läktaren och att det även återspeglar den yttre fasadväggen när de gröna absorbenterna är synliga.



## YTTRE FASAD

Att göra en bullerfasad var en av våra första ideér och efter att ha läst om bio-barriärer bestämde vi oss för att göra en hybrid mellan en ribbad trävägg och en bullerfasad. I den första skissen har vi blomlådor mellan ribborna men för att optimera väggen insåg vi att det behövdes mer tyngd till byggnaden i form av jordmassa. Då kom idén om att ta bort några ribbor för att i sektioner antingen ha en växtvägg eller uppglasat.

För att få till den organiska formen använde vi grasshopper. Det hade varit väldigt svårt att åstadkomma samma uttryck utan grasshopper men man blir också begränsad av tiden och sina kunskaper. Väggen fick göras delvis manuellt och var inte rakt av aplicerbar på andra ytor vilket gjorde att vi inte hade tiden att iterera fler än 2-3 gånger.



# REFLEKTION

## ARKITEKTONISKA OCH AKUSTISKA KVALITEÈR

Våra tre huvudfokus när det kom till akustiken är:

- bullerskydd mot motorvägen
- roterande paneler i auditoriet
- tidiga reflektioner i auditoriet

Alla dessa tre har haft stor påverkan på det arkitektoniska och bidragit till byggnadens uttryck. Viktigt för oss var att hantera bullret från motorvägen på ett integrerat sätt och inte som en extra komponent som bullerskärm eller liknande, detta för att utmana oss själva och anta utmaningen att göra ett estetiskt tilltalande bullerskydd. Detta resulterade i den organiska fasaden med växtsektioner som är en stor del av den yttre volymens uttryck. Inne i auditoriet ville vi knyta an till den yttre fasaden och använde oss därför av ett panelsystem med gröna absorbenter på ena sidan som en abstraktion av växtsektionerna i ytterfasaden. Auditoriets utformning med dess sektioner är ett resultat av både dess akustiska fördelar i form av tidiga reflektioner och även en tanke om att skapa en gemytlig och intim teaterupplevelse.

En annan idé vi hade med oss från start var att byggnaden skulle vara tillgänglig även för de som inte besöker teatern. Därav uppstod gångbanan som tar människor upp på byggnaden och till ett utomhuscafé med utsikt över utomhusscenen. Vi la ganska mycket tid på att få gångbanan att bli en naturlig del av volymen och skapa en sömlös övergång från mark till gångväg. Gångvägen blev något brant och skulle inte vara tillgänglig för rullstolsburna och det hade varit intressant att skissa på alternativa lösningar om projektet hade fortsatt. Även att jobba mer med landskapet och marken runtomkring så att även det hade blivit en del av den sociala och urbana miljö som vi ville skapa på och kring byggnaden. Nu är den omkringliggande marken hyfsat orörd och bidrar inte så mycket till byggnaden.

## INTEGRERAD DESIGN

Under projektet valde vi att fokusera mycket på hållbarhet när det kommer till integrerad design. Vi valde att integrera solpaneler, vattenuppsamling, naturlig ventilation, planteringar för att öka biologisk mångfald och även jordmassan i fasad som jämnar ut temperaturväxlingar över dygnet. Den ribbade fasaden är den del av byggnaden där vi fick in flest funktioner som samspekar. Vi har växtsektioner som absorberar ljud men samtidigt renar luften och kan agera insektshotell. Växtsektionen och jordskiktet kommer också vara självbevattande och bidra till ett bra inomhusklimat. Ribborna är främst akustiska då de sprider ljudet och hindrar ljus från att färdas runt hörnet på byggnaden, men de fungerar även som bärande struktur där det behövs.

Det är lätt att säga att något ska vara hållbart och man använder ofta det som ett sätt att sälja in sitt projekt då det klingar bra. Men det krävs mycket efterforskning för att faktiskt göra en fungerande och rimlig hållbar lösning och det är något som kan utvecklas i vårt projekt. Eftersom fokus låg mer på det akustiska fanns inte riktigt tiden att studera och utveckla de hållbara lösningarna. Exempelvis krävs en noggrant genomarbetad detalj för att växtsektionen ska bli självbevattande utan att fuktskada den bärande konstruktionen och klimatskalet. Det hade även varit intressant att djupdyka i vilka växter som har störst potential att främja mångfald.

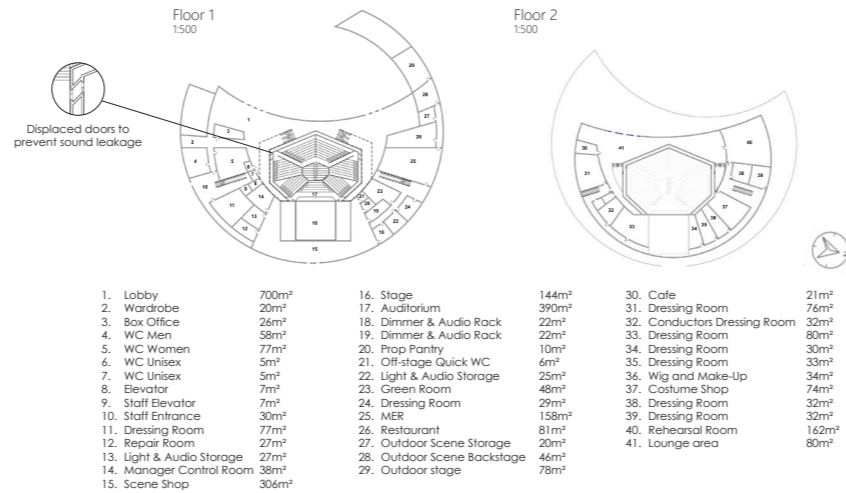
Därför kan man se hållbarhetslösningarna som en ambition som vi i nästa steg hade behövt förverkliga genom tekniska ritningar och mer detaljerad information om hur de faktiskt ska fungera. En annan aspekt vi inte hade tid att utforska

## INTERDISCIPLINÄRT SAMARBETE

Samarbetet med akustikern har fungerat väldigt bra. Det var givande att de kom in tidigt i processen då det tog ett tag att etablera ett bra samarbete och få förståelse för hur den andre kommunicerar. I starten fanns också något av en kunskapsbarriär då vi inte hade så mycket kunskap inom akustik medan vår akustiker hade mycket mer kunskap. Det löste sig också över tid då man fick ett större grepp om ämnet och grundkoncepten. Något som var lite av en utmaning var att acceptera att man inte behöver förstå akustiken i detaljnivå utan att det fungerade med en övergripande förståelse då akustikern stod för den detaljerade förståelsen.

Eftersom vi träffade akustikern mer sällan kunde det stundtals kännas som att man hade gjort onödigt jobb med en idé som sen visade sig vara ogynnsam för det akustiska. Därför hade det nog varit en fördel att träffa akustikern lite oftare för att ha mer tid till att iterera och utveckla de koncept som faktiskt hade potential. Samtidigt så ledde det till mycket diskussioner och ökad förståelse från vårt håll då vi tillsammans med vår akustiker fick gå igenom det vi missförstått och på så sätt kunde vi också få inspiration till att utveckla koncepten eller komma på nya.

Det var även lite svårt att greppa vilket material vi behövde få hjälp med av akustikern, vilket typ av exempelvis diagram som bäst representerade de akustiska kvalitéerna. Men det var intressant att arbeta mer likt hur det ser ut i branschen där man i team måste samarbeta med människor från olika discipliner.



### Social Embrace

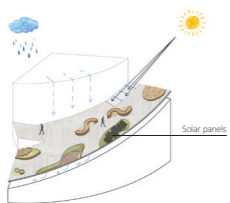
The concept of the building is to create a lively space with many different possibilities both socially and acoustically. Situated in an urban location with a nordic climate, this building will also support biodiversity through its plantings and green facade. The embracing shape of the building creates a big green walking path on the roof that leads to an outdoor cafe. The shape itself will create a shielded and secluded social area on the entrance side of the building where most public activities will take place. Here you also find an outdoor stage that can gather people in the community and be used for multifunctional purposes like outdoor concerts or open-air cinema.

### Outdoor Stage



### Eco Solutions

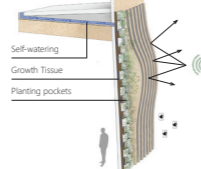
EC(H)O aims to be a part of the green future. To integrate sustainable solutions in the urban city life the tilted walking path is angled to allow rainwater harvesting. The collected water is stored in underground tanks and reused inside the building. On the roof are also green plantings that provide natural insulation, sound absorption and hold solar panels on top to store energy. Another important aspect for the building was to allow daylight and in the same time block sound. Windows in the ceiling are therefore placed to provide the backstage area, where a lot of work is carried out, with natural light during the day. Through here visitors can also have a sneak peek of what is going on behind the scenes.



### Shielding Bio-barrier Facade

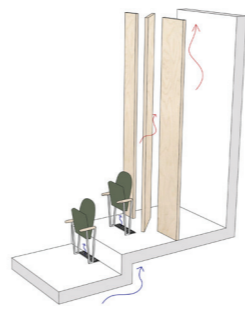
The main noise concerns at the site consist of traffic noise from a highway 60 meters from the building. The noise reduction will be achieved by shielding the glass facade entrance side of the building from the direct path of the traffic noise by using the building itself. The highway-facing side will be constructed using a wooden double wall with wooden slats that together with the rounded shape will scatter the noise and help lower the sound energy that meets the facade. Portions of the wall closest to the highway will also be covered in soil and vegetation and work as a bio-barrier, which will reduce the troublesome low-frequency noise by increasing the surface mass of the wall. Additionally, the absorbing properties of the vegetation and soil will help reduce the amount of sound wave diffraction around the corners of the building. The vegetation will be watered with rainwater and the water together with the soil will also help with evening-out temperature fluctuations over the day. Some of the wood slats will also be used as part of the load-bearing structure.

Auditorium	NC-20
Rehearsal Room	NC-25
Lobby	NC-40
Backstage	NC-30



### Natural & quiet airflow

The extra volume in the auditorium has not only acoustical qualities but is used to naturally ventilate the room when opening up the panels. Intake of fresh air is allowed under the seatings while used air rises and sippers out through the roof. This provides the auditorium with an airflow that is both energy efficient and minimizes disturbing sounds from ventilation. Heat from the used air is also reused and transferred to the staff area where demands are higher.

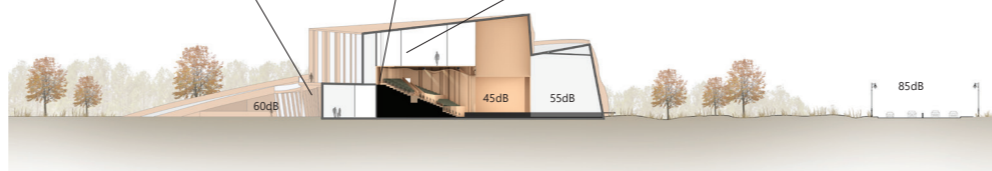
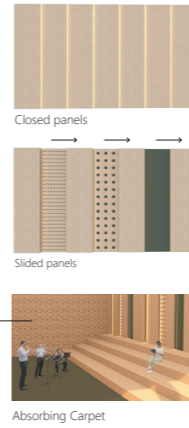


### Absorbing Seatings

In the lobby and the restaurant, there will be fabric upholstered seatings to establish a good sound level for conversations.

### Rehearsal Room

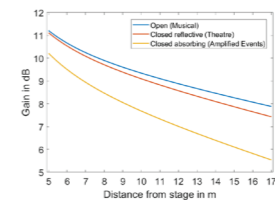
The acoustics in the rehearsal room aims to achieve the same reverberation time as in the auditorium. Variable acoustical qualities are therefore desirable which is solved by using sliding panels with different amounts of absorption behind to manually adjust the reverberation time. Helmholtz-absorbers with different raduses are mixed with panels that are fully covered in a foam absorber. The floor also has an absorbing carpet to handle the large volume in the room and diffusers are placed on the surrounding walls.



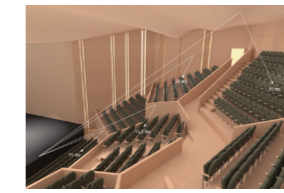
### Early Reflections

The auditorium will have an intimate and crispy sound environment thanks to the sectioning of the seating area. Each section is surrounded by walls that result in a great number of early reflections and therefore a low Initial Time Delay Gap in the span of 11 ms to 22 ms. The early reflections result in good intelligibility and loudness for all sections in the auditorium. The sections are also relatively steep and at different levels to allow both good sight and access to direct sound for the audience. To avoid echo from the rear wall the height of this wall is minimized and also angled. The roof is shaped like an asymmetric wave to spread and diffuse the sound. The biggest curvature is located near the stage to lower to roof height and direct the sound to the seats in the middle of the auditorium.

### Gain in Auditorium

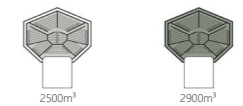


### Initial Time Delay Gap

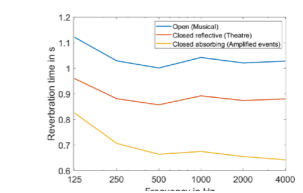


### Variable Acoustics

The auditorium is designed to host a variety of events such as theatrical performances, musicals, and amplified events. By using a panel system that has the ability to function as a reflecting surface, increase auditorium volume, and be flipped to function as porous absorbers the reverberation time can be adjusted to fit the desired room response. For theatrical performances, all panels are flipped to the reflective side, giving a reverberation time of approximately 0.9 s. When musicals are performed, the panels are opened to increase the volume resulting in a reverberation time of just above 1 s. This increase makes the auditorium more suitable for music while still being low enough to not be detrimental to speech articulation. Both of these options have a sound strength range of approximately 11-8 dB in the different audience seats, making it possible to perform without the use of amplification. When amplification is needed, the absorbing side of the panels can be exposed to decrease the reverberation time to a minimum of 0.7 s. This provides greater speech intelligibility by reducing detrimental reflections added when using amplification equipment.



### Reverberation time in Auditorium



### Rotating Panels

