

# SAMVERKAN

## - Ett dynamiskt möte

### INLEDNING

Projektet utgick från att planera och designa en konserthall med avseende på arkitektur, hållbarhet och akustik. Mallen för projektet utgjordes av en "Student design competition" sponsrad av The Technical Committee on Architectural Acoustics med komplement från kursens utökade krav. Konserthallen planerades i ett lands huvudstad på ett centralt stads kvarter med måtten 90x110m. Till tävlingsuppgiften följde en konceptuell planritning med krav på rumsrelationer i byggnaden samt övergripande programkrav inneållande koncerthall, lobby, "Front of House", "Back of House", lastkaj samt en övningshall. Det arkitektoniska arbetet kombinerades med bullerkriterier som skulle uppfyllas i samtliga rum, detta gjordes i samverkan med två akustikstudenter. Tillsammans med studenterna gjordes även en detaljerad planering av rumsakustiken i konsertsalen med redovisning av potentiella problem och lösningar.

### KONCEPT

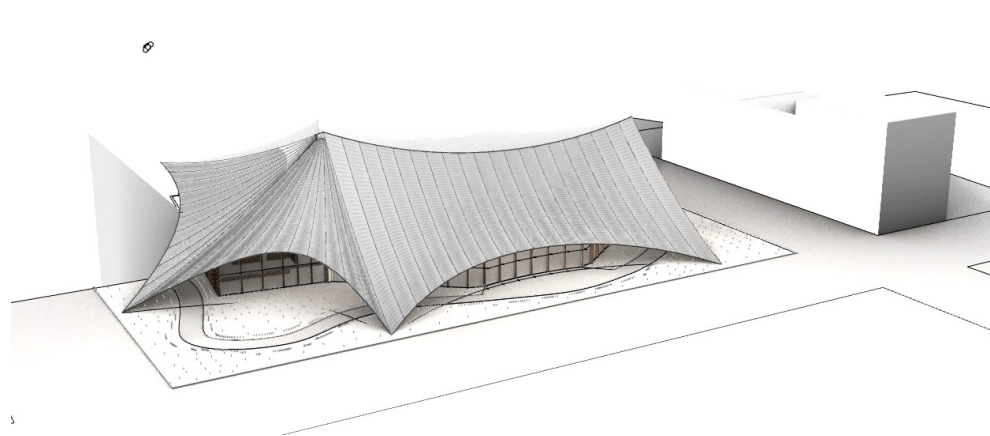
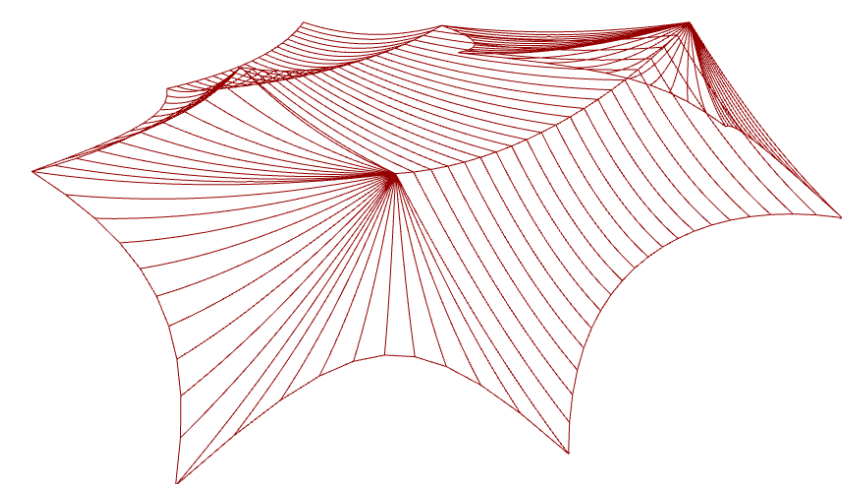
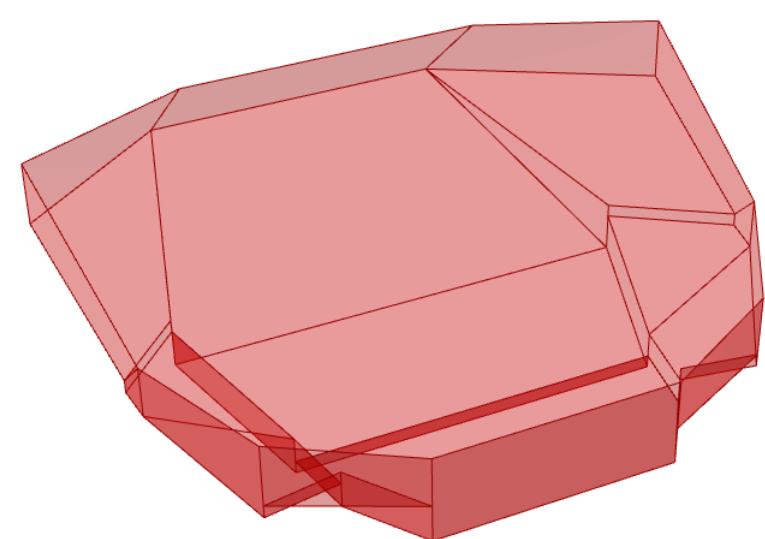
Det centrala konceptet i projektet var att låta tre aspekter av byggnaden optimeras utifrån sina egna ändamål, för att sedan kombineras till en välfungerande och kreativ miljö. Konsertsalens komplicerade geometri definieras utifrån akustiska parametrar och omges av flexibla trälådor som innehåller byggnadens praktiska funktioner. Båda täcks sedan av ett självbärande lätt tak bestående av ett kabelnätverk. Volymen under taket är kontinuerlig där det negativa utrymmet mellan konsertsal och lådor används till cirkulation och lobby. Uppdelningen ger även möjligheten att anpassa funktionerna ur en hållbarhetsaspekt där de enkla trälådorna och konsertsalens interiör kan byggas av återanvänt trä, taket kan optimeras med dynamic relaxation för att minska materialanvändningen och konsertsalen kan desingas utifrån koncertupplevelsen.

### DIGITALA VERKTYG

Hela projektet modellerades och ritades i Rhinoceros 3D där en majoritet av geometrin definierades i tilläggsprogrammet Grasshopper. Konsertsalen definierades utifrån plana fyrpunktsytor som genererade relevant information för akustiska parametrar som efterklangstid och ITDG, ytorna kunde sedan justeras parametriskt för att uppnå önskade akustiska förutsättningar.

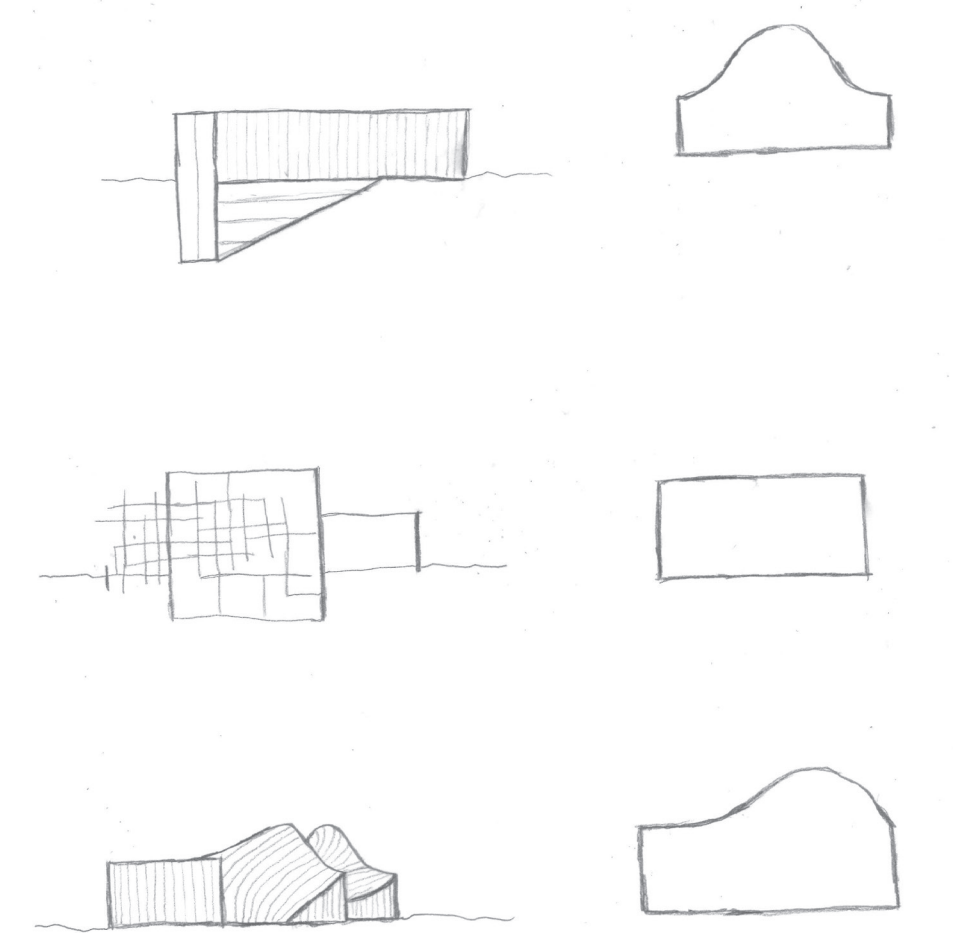
Taket definierades med dynamic relaxation för att efterlikna ett verkligt scenario av ett kabelnätverk som belastas av pålagd last och egentyngd. 10 simuleringar gjordes med över 400 uppdelade kablar som resulterade i en generell form på taket där dess ytor kunde definieras som "lofts".

Renderingen av geometrin gjordes i Vray med redigering och tillägg i Photoshop. Materialen är antingen skapades med Vrays verktyg eller med hjälp av texturfiler för fri användning.

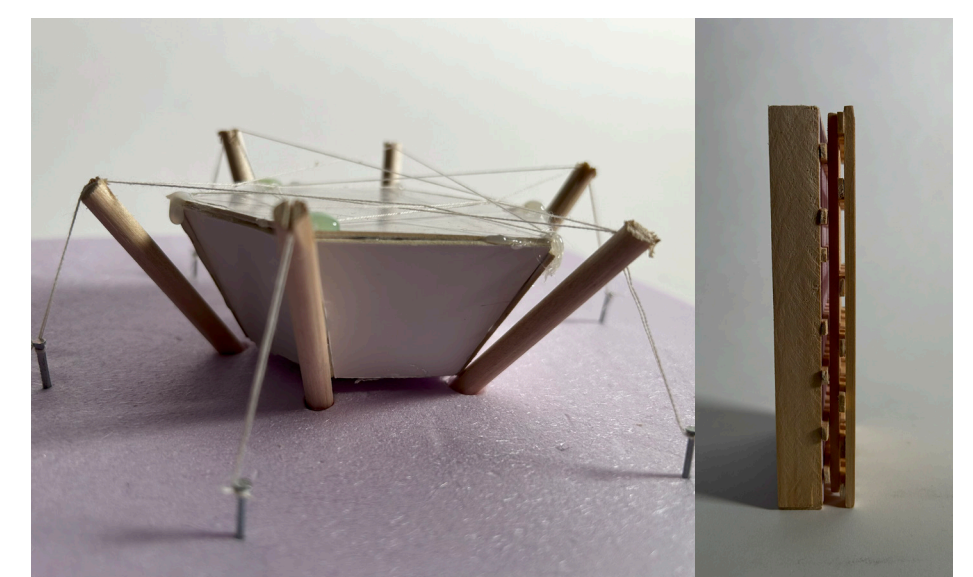


### PROCESS

Projektet började med att vi tog fram tre koncept som alla innehöll aspekter av det slutliga konceptet. Det första konceptet handlade om ett informellt och ärligt uttryck med fokus på återanvändning, det andra var mer geometriskt och fokuserade på en gradvis varierande geometri med konsertsalens akustiskt optimerade geometri som mål, det tredje var ett koncept utforskade fördelarna med en nedgrävd konsertsal.



Projektet fortsatte med att skapa ett slutligt koncept och dessutom ta fram akustiska och multifunktionella prototyper som knyter an till konceptet och svarar på akustiska frågeställningar. Vi jobbade med ljudisolering för lågfrekvent ljud där hela konsertsalen hängs upp i kablar. Dessutom designade vi akustiska paneler som följde ett informellt och ärligt uttryck med möjlighet för återanvändning, samtidigt som de absorberade och diffuserade i olika frekvensområden.



### KVALITETER

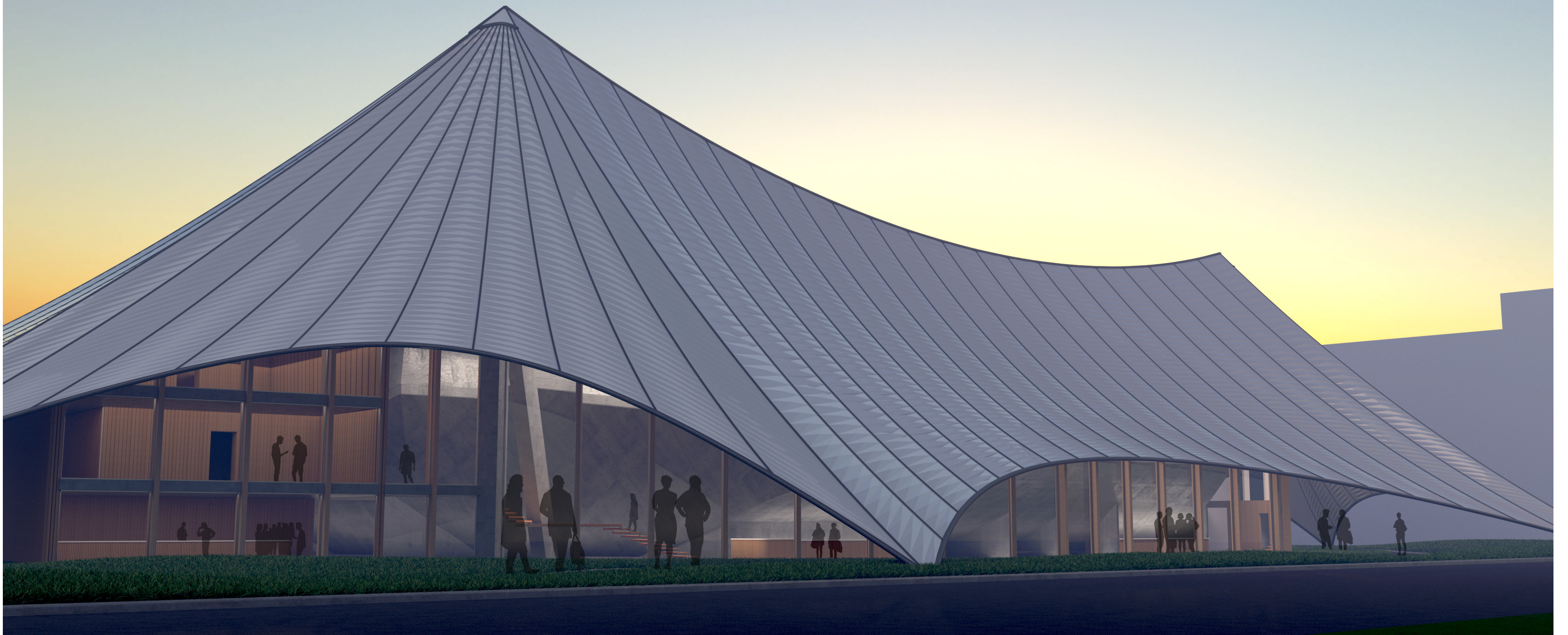
I projektet har vi försökt förmedla två lager av arkitektoniska kvaliteter. Ett där konsertsal och omgivande funktioner verkar separat utifrån sina ändamål, ett där möjligheterna som uppstår i mötet mellan dem tas till vara på. Separeringen erbjuder ett gott flöde för både gäster, musikanter och personal i cirkulationsytorna som knyter ihop byggnadens funktioner. Personalen rör sig i ytterkant, gästerna rör sig i ett grenliknande system från lobby till konsertsalen och musikanterna rör sig precis bakom scenen.

Byggnaden kommer i kontakt med förbipasserande på utsidan genom att taket på flera sidor sträcker sig över trottoaren. Detta både definierar utrymmet utanför för att skapa naturliga mötesplatser, samtidigt som det exponerar och bjuder in till byggnadens insida genom dess glasfasader.

Det finns dock en del onaturliga mått och stora delar av fotavtrycket som inte används till något. I sitt nuvarande stadie känns byggnaden ofullständig. Det hade krävts mer jobb för att knyta samman de olika delarna på ett välfungerande och snyggt sätt. Det finns heller inte riktigt någon koppling mellan konsertsalens insida och byggnadens exteriöra uttryck, det är två världar med olika grunder.

Konsertsalen är en blandning av intimiteten från en wineyard och den tydliga riktningen från en fan-shape. Ett avgörande val som gjordes var att behålla scenens bakvägg för tidiga reflektioner till musikanterna. Väggarna vinklas sedan gradvis för att skapa en volym med låg ITDG utan behovet av reflektorer. Akustiken är främst utgående från ITDG och efterklangstid, med en efterklangstid på strax under två sekunder passar det perfekt till lite snabbare typer av musik.

# SUSPENDED



## Concept

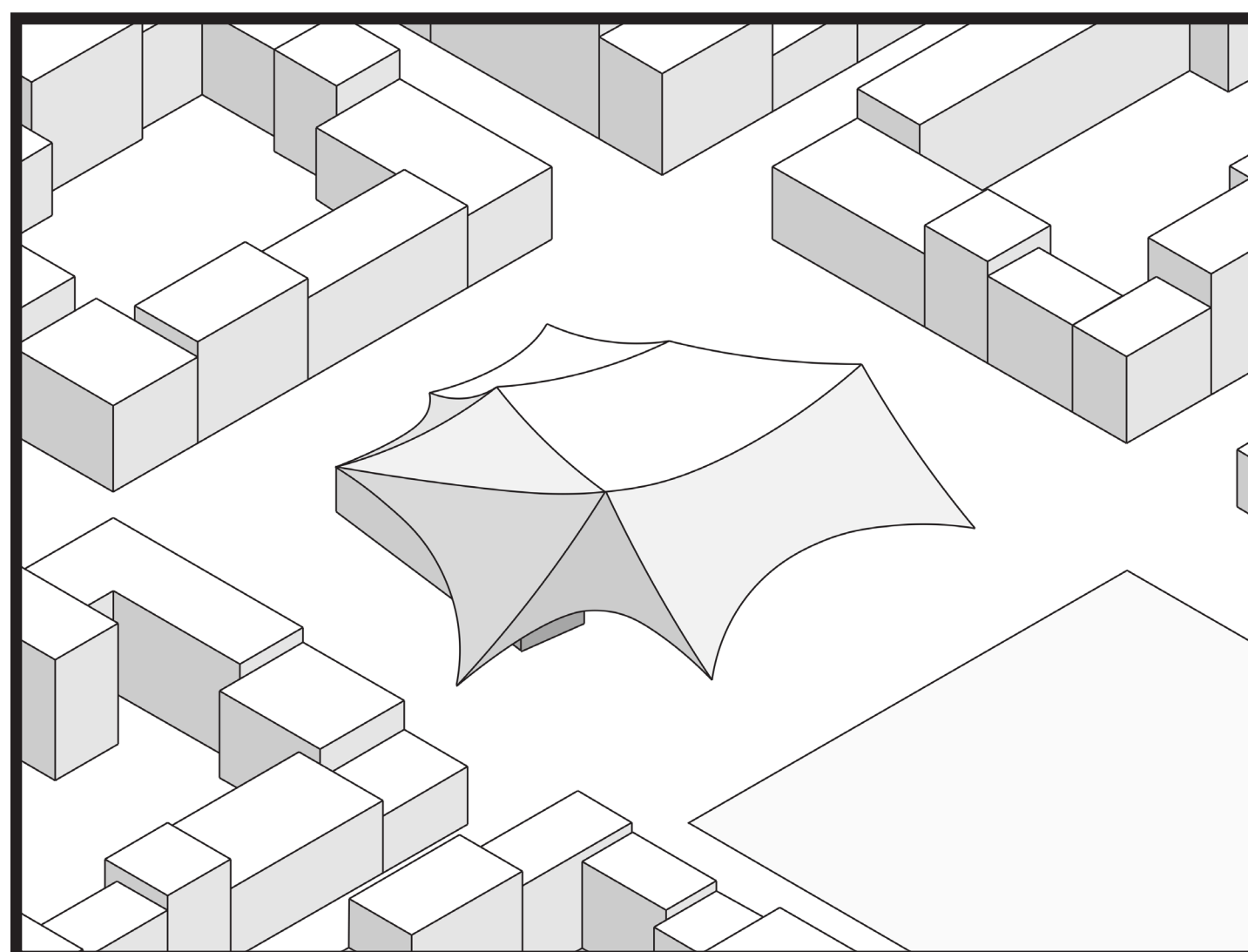
The main principle of the building is to optimize each space for its specific purpose, giving all the different parts their own unique shape dictated by its intended use. Three main parts work together towards the common goal of creating a well-functioning, creative environment. The three distinct parts create dynamic, vibrant spaces when meeting each other, while all still maintaining their own clear identities.

The first part is a large tent-like roof which stands on four pillars. The volume under the roof is continuous and covers all the other parts of the building. The second part is the concert hall, which consists of two different elements. The inner wooden structure that hangs from the same pillars as the roof, and a concrete shell that envelopes the whole wooden structure, isolating it from the noise outside. The third part is the wooden boxes located on the periphery of the structure. All the additional spaces needed for the concert hall to function are located in these boxes.

To create a natural flow into the hall, the boxes are placed in a way that leads the visitors around the concrete shell towards its entrances. Due to the hanging roof spanning over the whole structure, the visitors move through a continuous, open space, only leaving it when entering the concert hall. The open space encourages interaction, and exploration, creating a dynamic environment, much like the surrounding city.

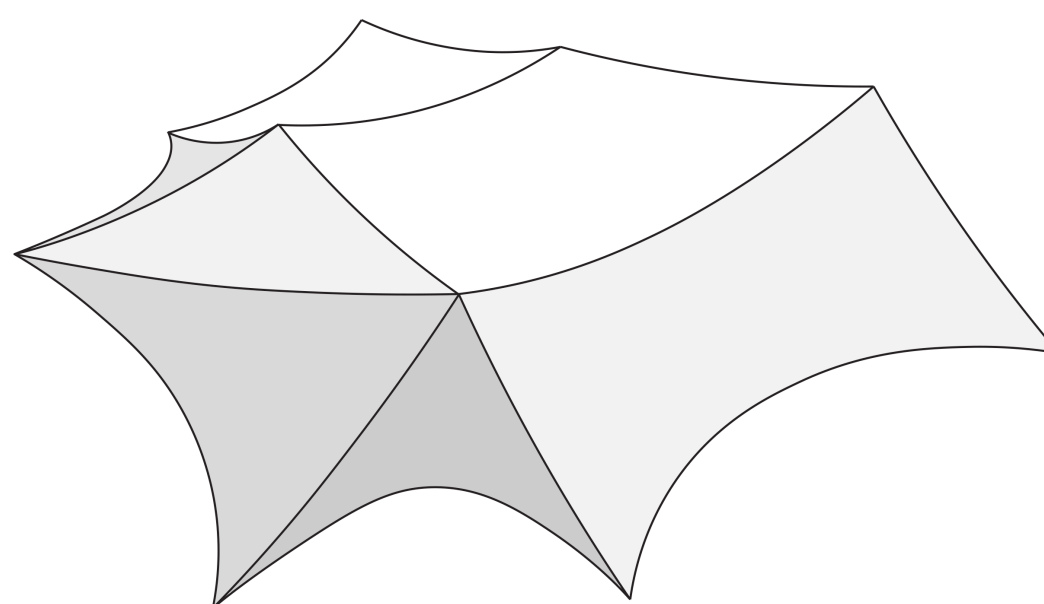
## The site

The concert hall is situated on a city block in a densely populated, downtown area. Busy streets, used by emergency vehicles, run along all four sides of the building. All the surrounding blocks consist of high urban buildings, except for the one in front of the hall, where a small park lies. The park opens up the landscape, and gives the concert hall space to breathe. At the same time it creates an opportunity for people passing by to appreciate the contrast between the dynamic silhouette of the hall, and the strict, rectangular shapes of the surrounding city.



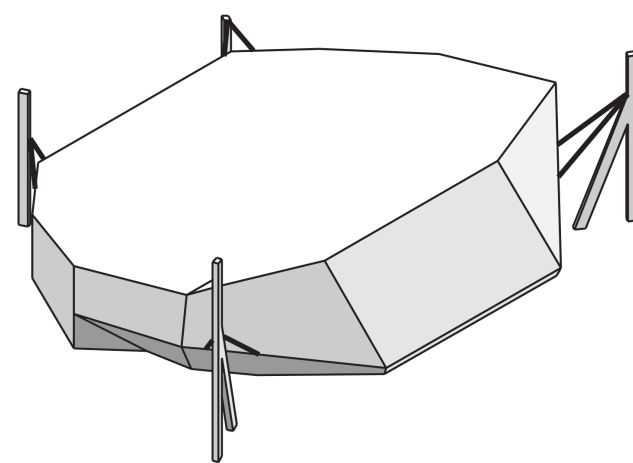
## Roof

The lightweight roof is comprised of main and secondary cables that span between four pillars and the outlines of the concert hall. Creating a large space where the other volumes stand freely.



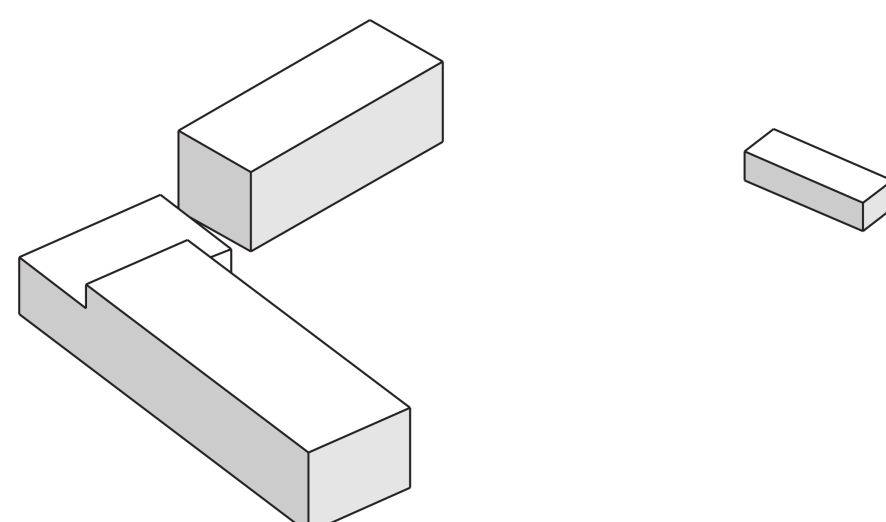
## Hanging

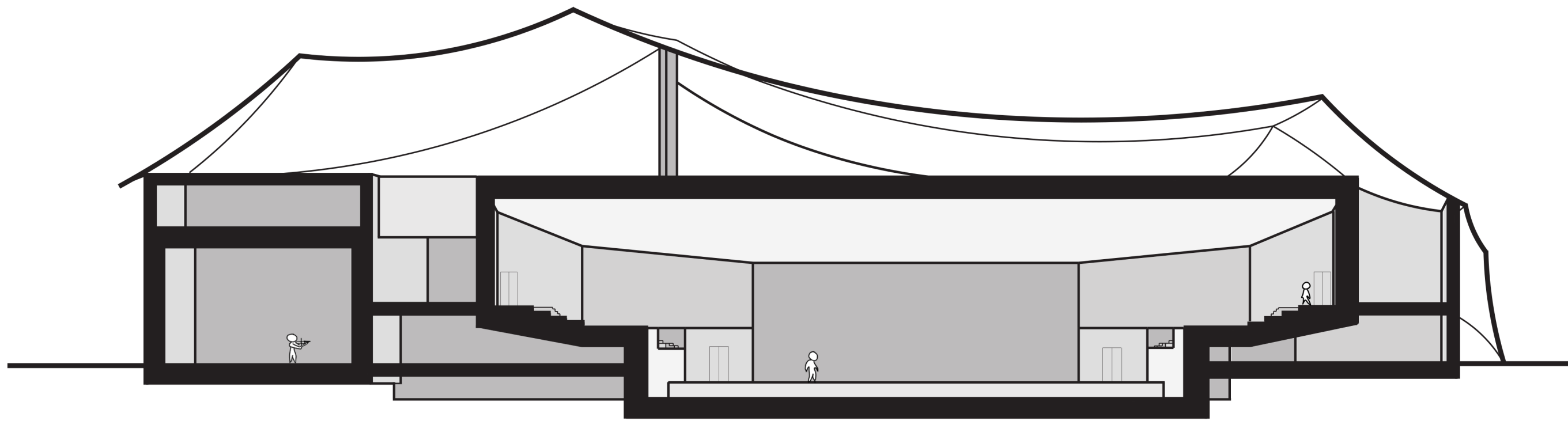
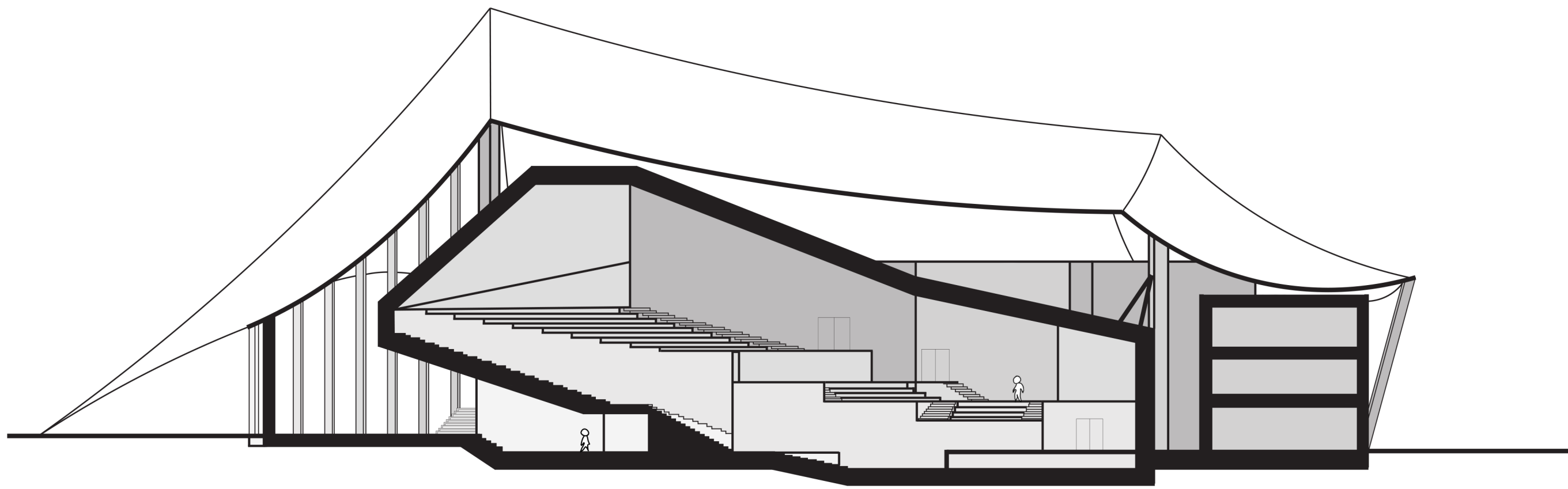
From the pillars hang cables that lift up the concert hall, making it float inside a massive concrete shell. The shell is decoupled from both the roof and the concert hall.



## Boxes

The remaining functions are located in boxes that stand freely under the roof. The simple shape makes the spaces flexible so that they can be adjusted when the needs of the building changes.





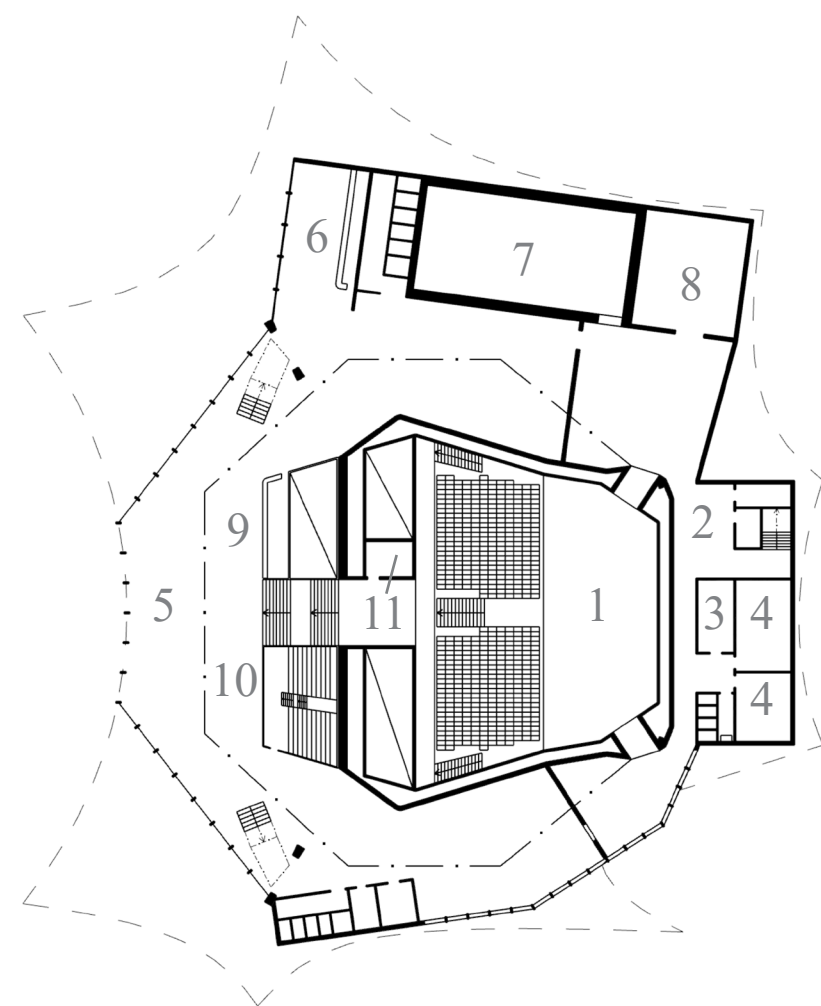
## Noise control

The concert hall has to be isolated from the urban environment, lobby and MEPFIT. This results in high demands on structure-borne and airborne sound isolation. It's addressed by suspending the concert hall from both the roof and the floor, together with a double wall between the suspended concert hall and its outer shell.

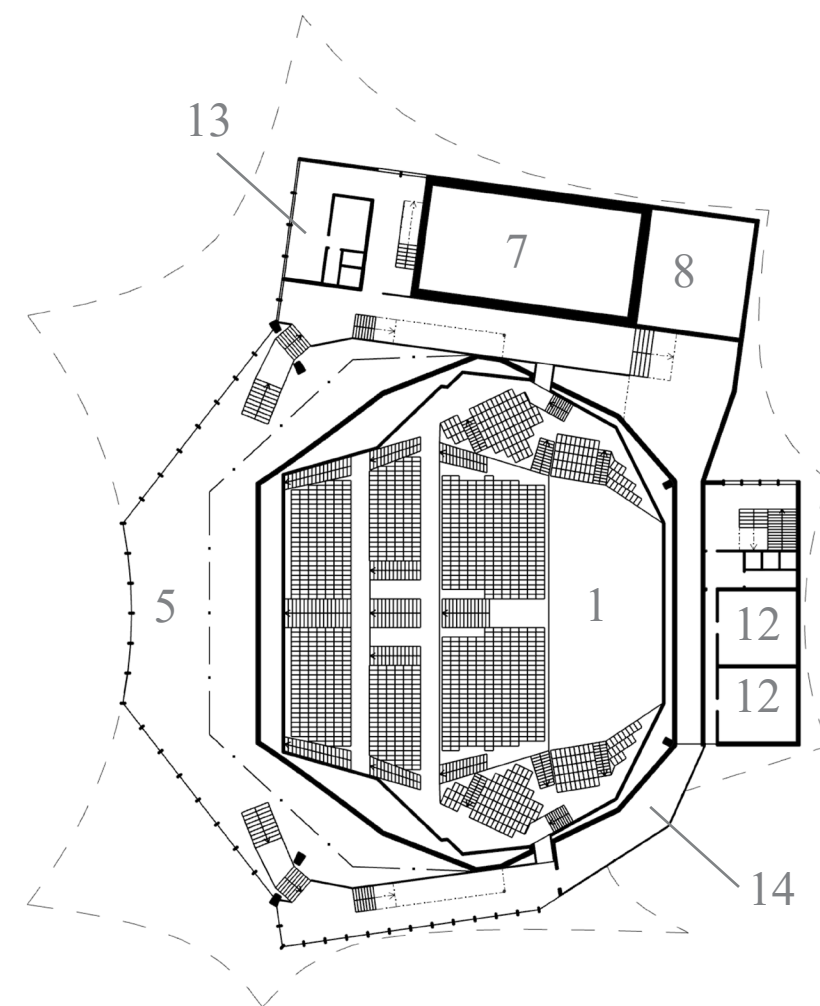
The double wall construction is made out of wood and concrete, with an air gap in between. The required reduction indexes of [32 45 54 66 57 49 47] dB in the octave bands from 63 Hz to 4 kHz are vastly exceeded by the double wall construction and ensure sufficient isolation from airborne sound.

The noise due to the two air handling units in the MEPFIT-room is considered in the isolation to the rehearsal hall and the concert hall with the double wall construction.

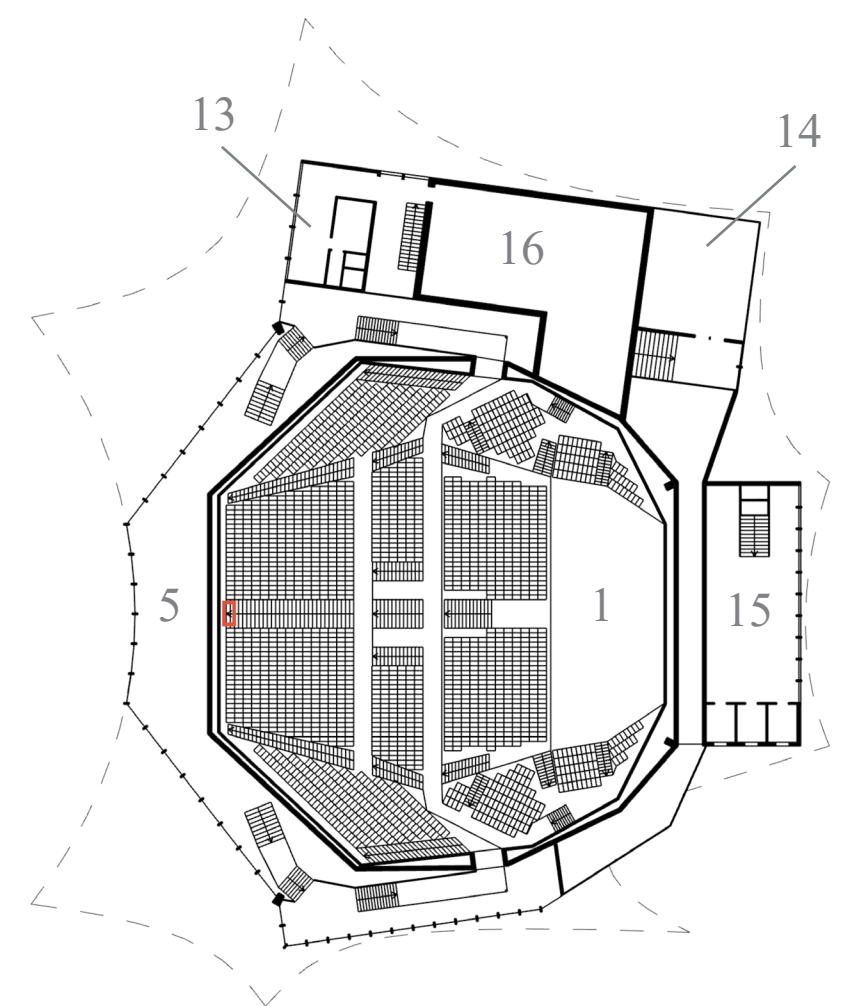
First floor



Second floor



Third floor

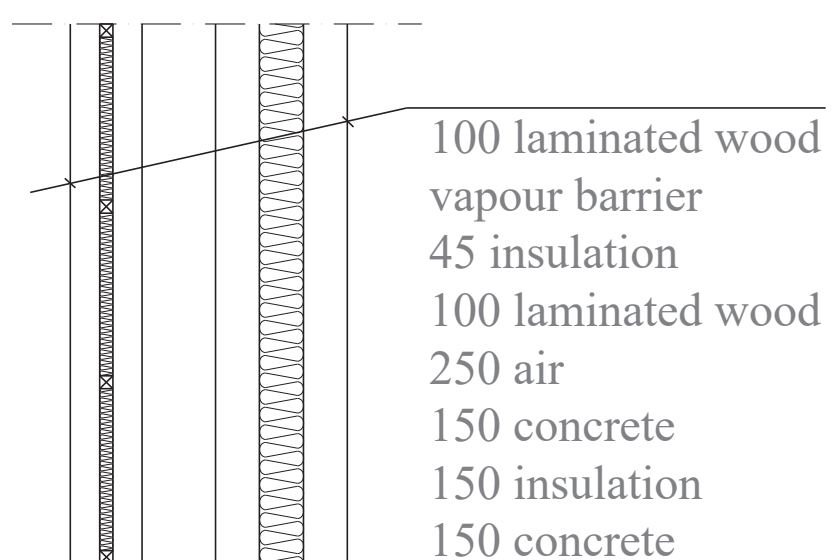


- 1. Concert hall
- 2. Stage crossover corridor
- 3. Lighting and stage manager control room
- 4. Storage
- 5. Lobby
- 6. Box office
- 7. Rehearsal hall

- 8. Loading dock
- 9. Bar
- 10. Wardrobe
- 11. Follow spot booth
- 12. Dressing room
- 13. Offices
- 14. Terrace
- 15. Break room

- 16. MEPFIT room
- Audio mix position
- NC 15
- NC 30
- NC 40

## Double wall



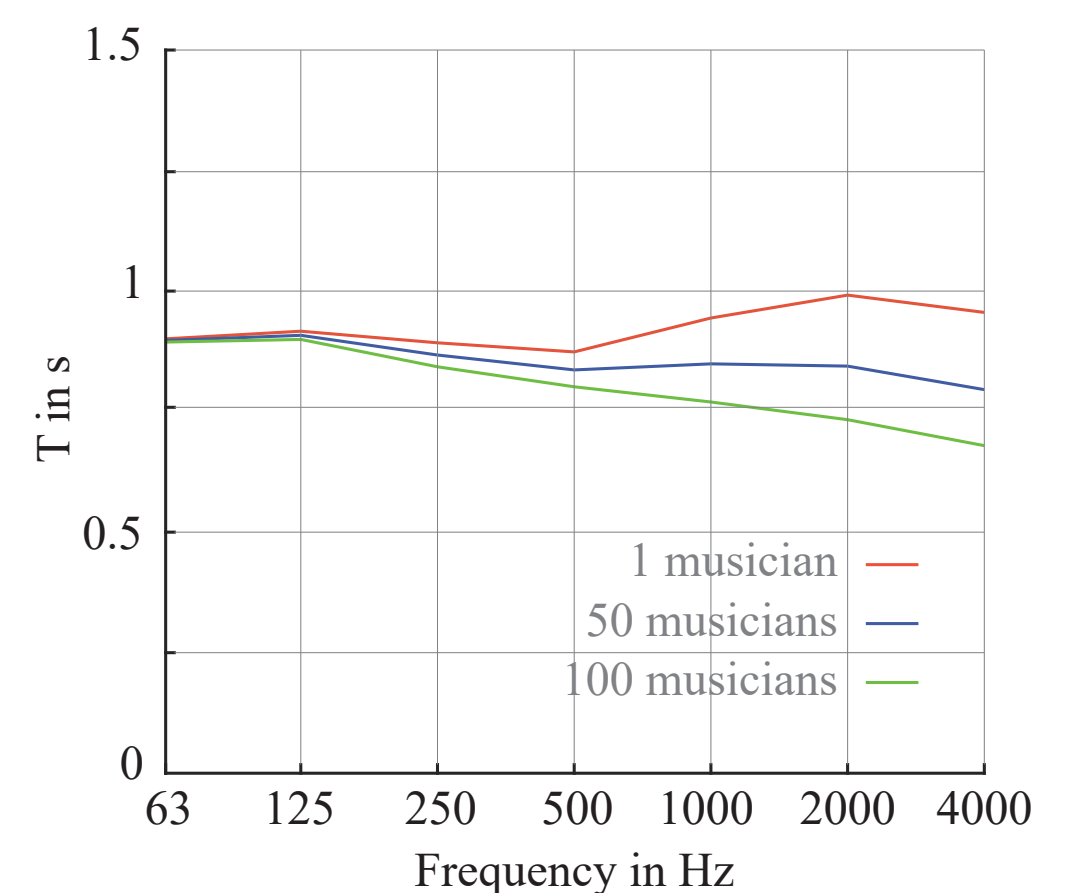
## Cables

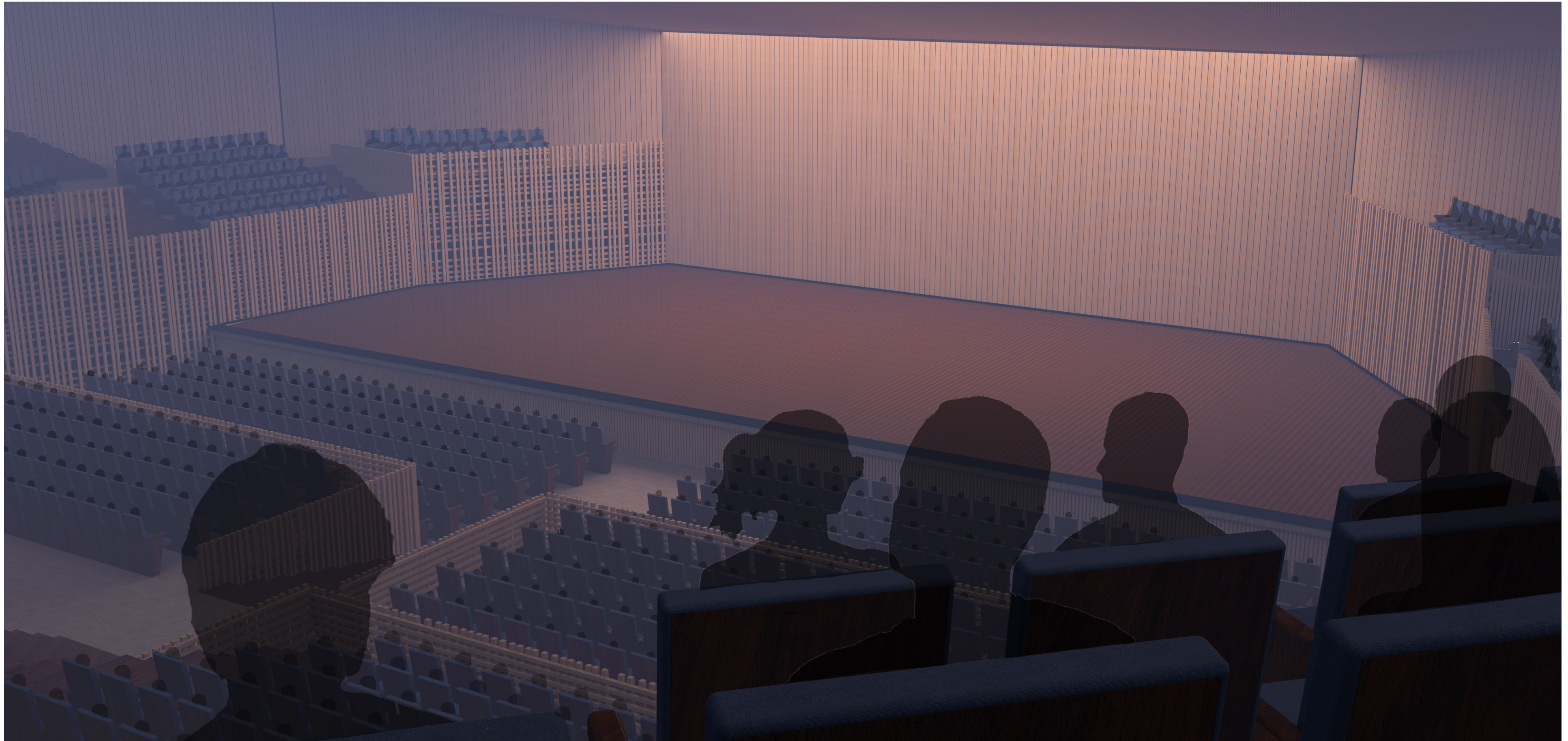
The steel cables that suspend the concert hall have non-linear elastic springs on them, to mitigate the propagation of vibrations in the cables. At the point where the cables penetrate the outer wall, the cable is decoupled from the outer shell and an isolating material is used to reduce the airborne sound propagation.

## Rehearsal hall

The rehearsal hall has a reverberation time between 0.65 - 1 s in the octave bands from 63 Hz to 4 kHz, which is achieved with permanent absorbers on the wall. The reverberation only changes slightly when more musicians are in the room. The double wall principle is used to achieve the desired noise criteria.

## Reverberation time





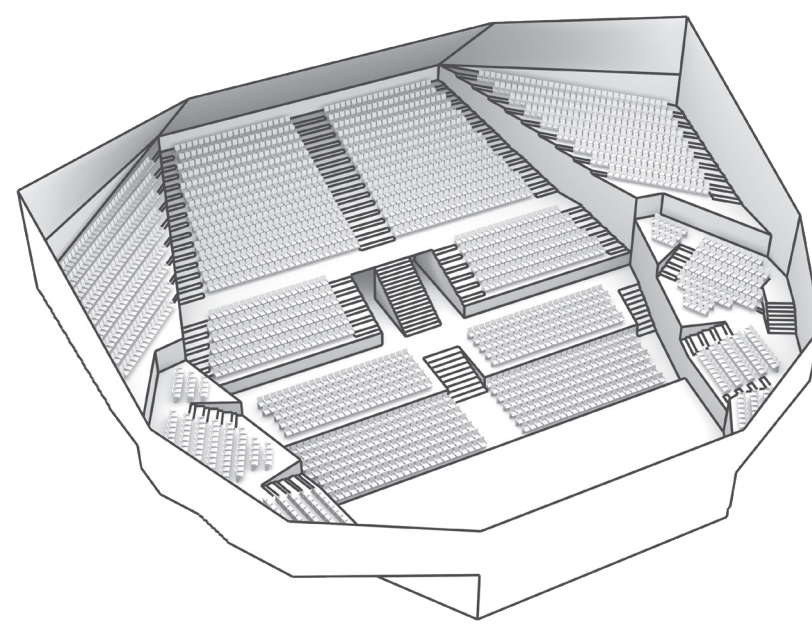
## Concert hall

The principle of the concert hall is to mix the intimate aspects of a vineyard together with the clear direction of a fan shaped hall. The combination of both creates a terraced environment that makes sure the listener always has a good view of the stage while keeping the distance to it short. The terraced walls on the sides of the stage together with the wall behind it creates a more intimate stage that helps the musicians hear each other.

The main entrance is located in the middle of the hall. From the lobby, the visitors walk down in to a short tunnel beneath the back of the hall, to then emerge right in front of the stage. From there, a system of paths branches out to all the seats on the main floor of the hall. Additional entrances are located on the sides in two different levels, with the same principle of splitting up the visitors in different branches.

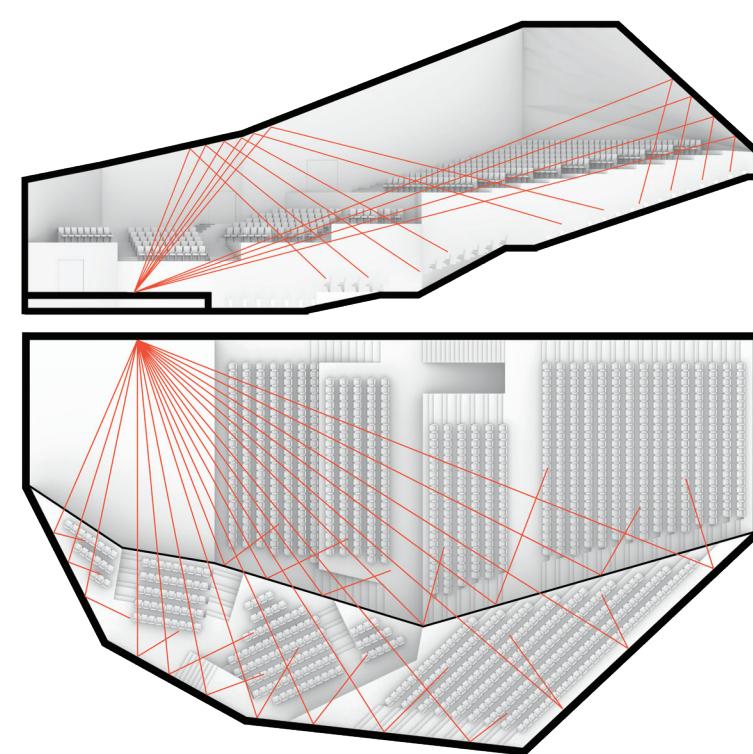
All interior surfaces are made out of wood with varying texture, depending on if they are reflective, scattering or absorptive. Both the scattering and absorptive surfaces are covered with an irregular grid, except the Helmholtz resonators. The worst seats are located on the symmetry line of the hall, therefore these areas are used for circulation, instead of seating.

## Geometry of the hall



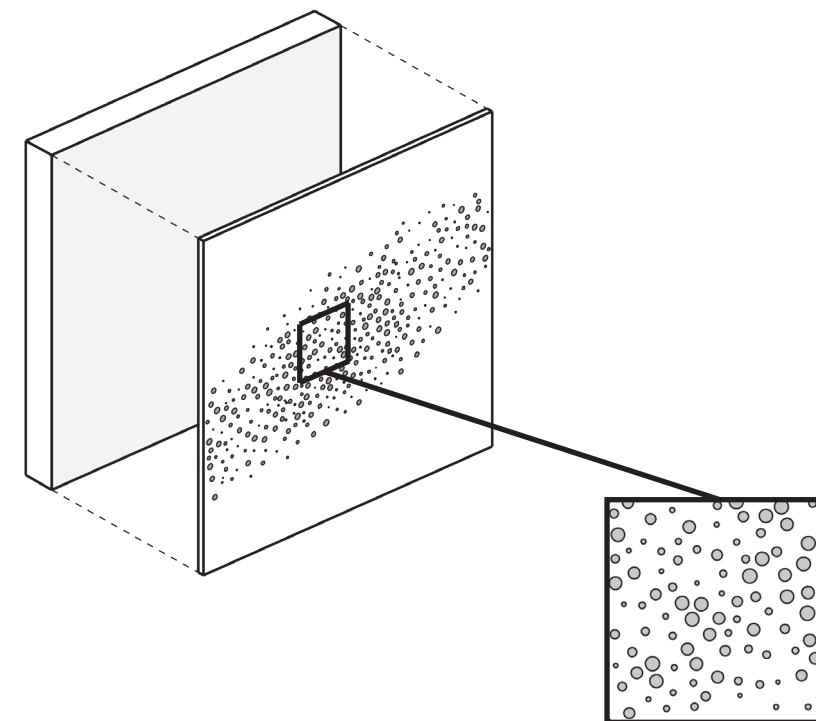
The shape of the hall ensures that every seat is as close as possible to the stage and gets clear reflections from the walls or ceiling, while maintaining the proper volume to achieve the desired reverberation time.

## Early reflections



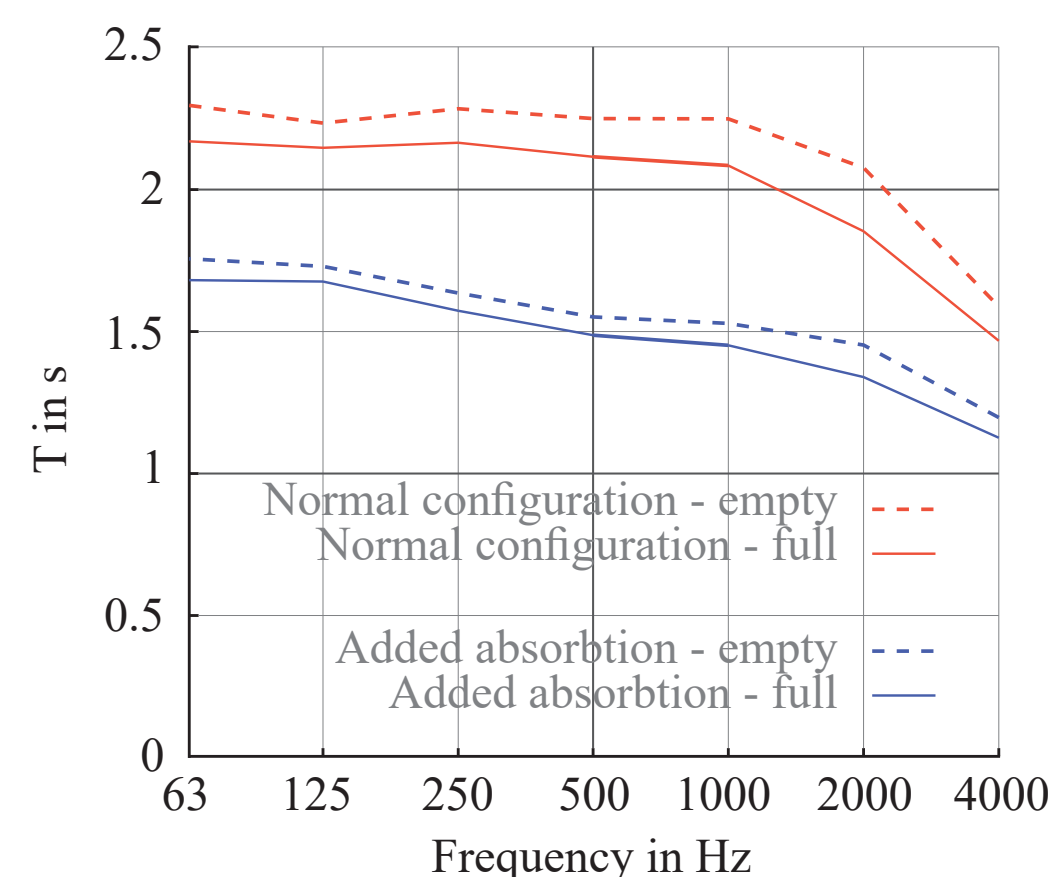
Most seats in the hall get early reflections from the side walls, while at the center line of the hall, reflections come from the ceiling. The ITDG in the middle of the hall is 35 msec, with most seats having an ITDG of less than 21 msec.

## Helmholtz resonator



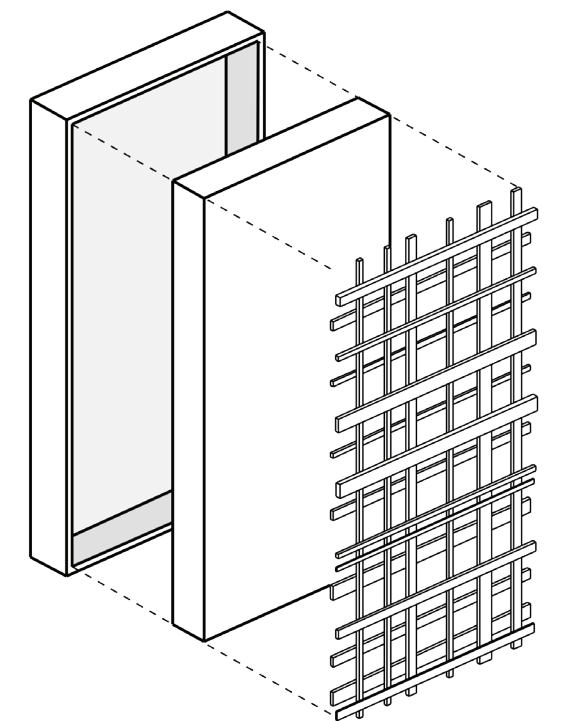
For low to mid frequency absorption, perforated panels are installed which acts as a Helmholtz resonator. The holes are randomly scattered and of different size to affect a large frequency range.

## Reverberation time



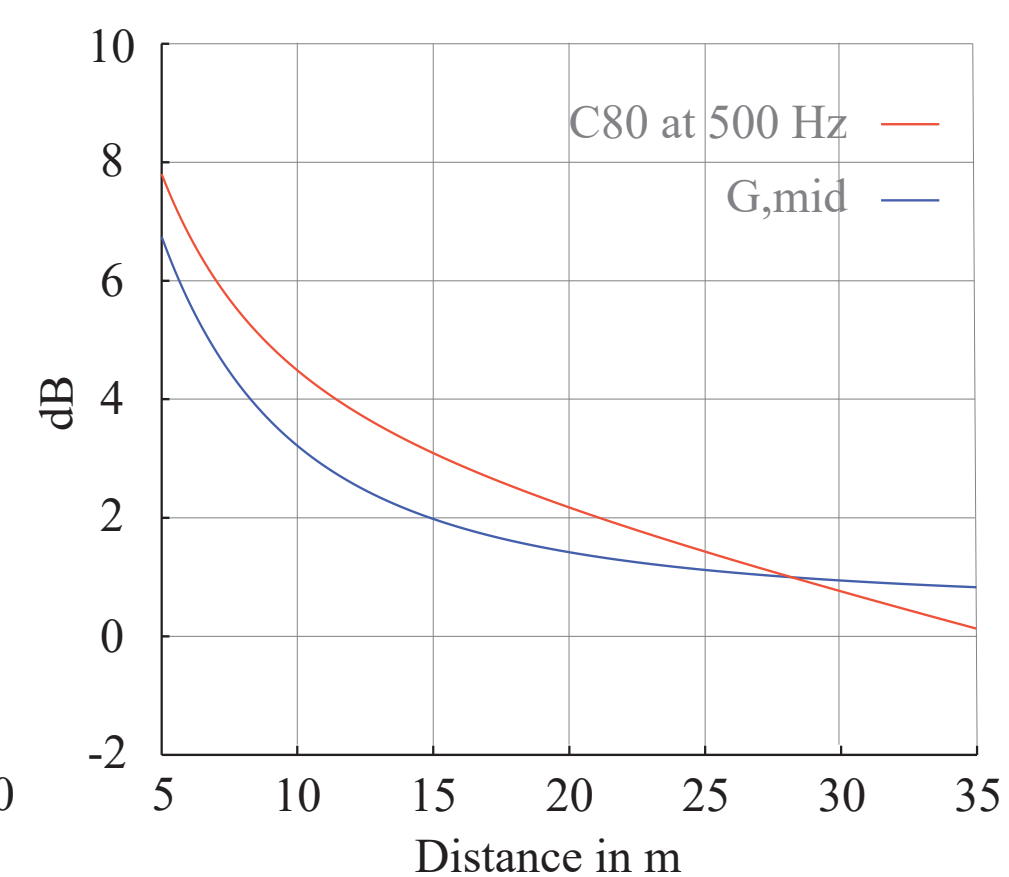
The concert hall has a reverberation of 2.1-2.2 s in the low and mid frequency range. The reverberation time is achieved by permanently installing absorbers. Movable acoustic panels can be introduced to decrease the reverberation.

## Acoustic panel



For mid to high frequencies porous panels are used. The panels are moveable and can be introduced when a lower reverberation time is desired. A randomized wooden grid is used to scatter the sound waves.

## Strength and clarity



Due to the short distances, the sound from the stage is still loud and clear, even in the seats at the very back. Since the reverberation time don't differ much between different frequency bands, the strength and clarity is also stable for the relevant frequencies.