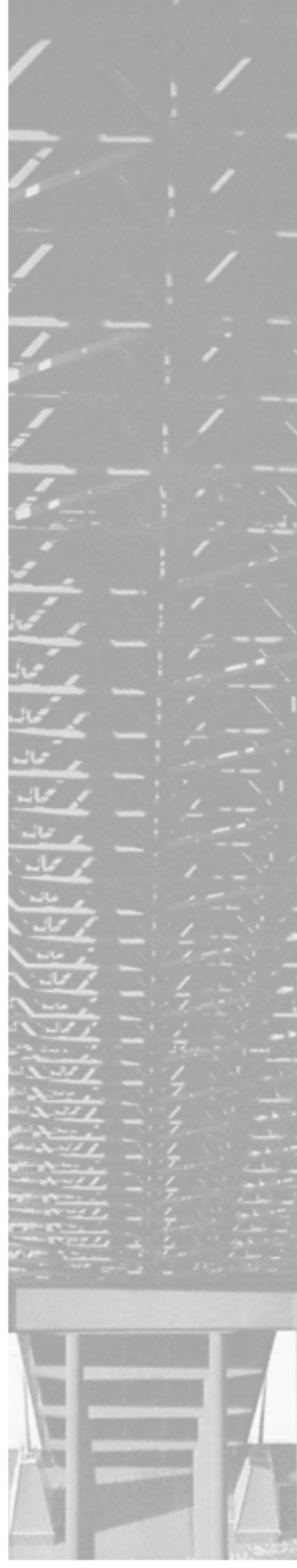
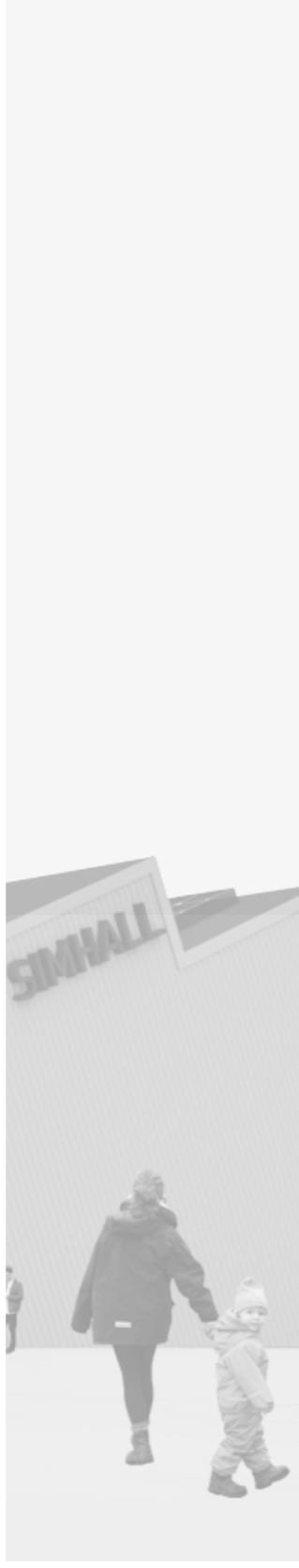


HEAR THE SPHERE
Bachelor's Thesis, spring 2021



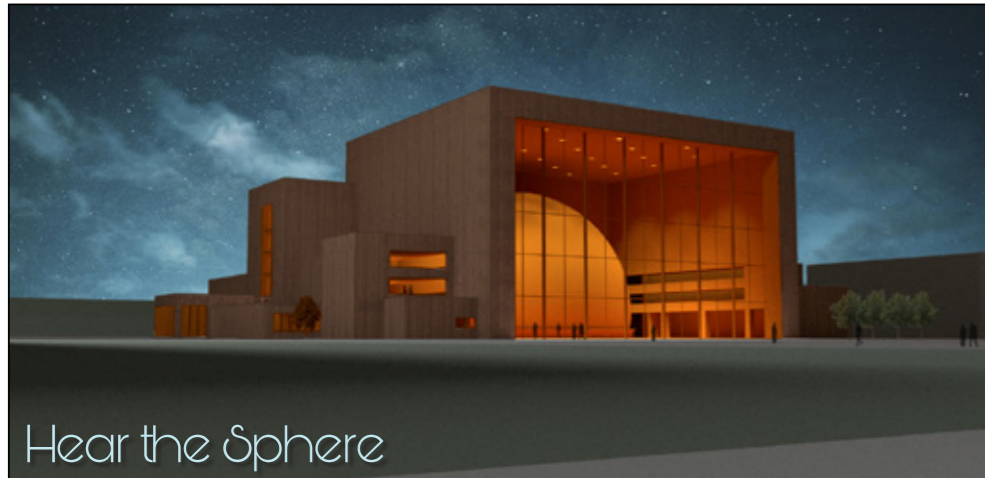
Hear the Sphere

Kandidatarbete i Arkitektur och Teknik, vår 2021

Kandidatarbetet var del av en akustiktävling som gick ut på att rita ett operahus för ett medelstor collage i USA. Fokuset i projektet låg väldigt mycket på byggnadens arkitektur och dess rumsliga kvalitéer. Målet var att integrera operan i omgivningen och samtidigt skydda hallen från buller av en närliggande motorväg och en flygplats. Interiört handlade planeringen mycket om att integrera den komplexa logistiken i byggnaden med den runda operasalen som centrum. Viktigt i förslaget var att lägga vikt i planlösningen på både den offentliga delen för besökare och den privata delen för musikerna och andra medarbetare.

Presentation

Taavi Antoniazzi, Daniel Johansson, Akustik student: Jan Fischer



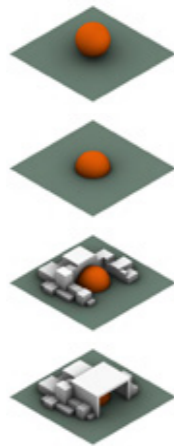
Hear the Sphere

THE SIMPLICITY OF COMPLEXITY

Music is composed by only 12 notes that in different styles, pitch and shapes form a coherent complexity. In a similar manner, the new campus opera hall uses only simple geometrical volumes, together creating a complex compound building. The simplicity of geometry forms a new landmark that shapes the whole campus and strengthens the musical education of the college.

"There is **geometry** in the humming of the strings, there is **music** in the spacing of the spheres"
- Pythagoras -

Except for the hard concrete sphere, all building parts are constructed in wood, colored in a violin-like brown tone. The interplay between the reverberant wooden interior and the contrasting, sound-shaping sphere forms the perception of the inside of a string instrument.



THE SPHERE

The spherical form, nature's ultimate way of protecting from the world outside in all directions, will host the opera hall.

SUBMERGED

By limiting the amount of surface exposed to the outside and through the added mass from the soil, vibrations are reduced.

CUBOID STACKING

The noise coming from the highway and the campus is gradually reduced by cuboids, placed around the sphere.

LOBBY SHELL

A large cuboid around the sphere is attenuating the airplane noise from above, while giving room for a spacious lobby.

THE SITE

Near other important university facilities, the opera marks the end of a long axiality through the whole campus area. Together with the surrounding buildings it creates a park-like open space, perfect for open air performances with the sphere as a majestic backdrop.

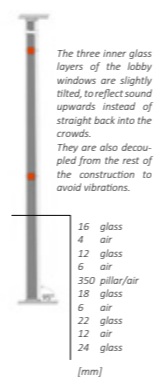
ROLLING HILLS

Excess ground mass from the site excavation will be used to form rolling hills, which serve as a natural outer sound barrier in the 60 meter wide space between the highway and the opera.

LOBBY

On top of serving as the entrance to the opera hall, the lobby can also be used for venues like dinners, receptions or even as a student nightclub. It is formed like an atrium with balconies running on the sides, with the sphere as a striking centerpiece dictating the movements on the floor. All walls and the ceiling are absorbing and the hard concrete surface of the sphere is reflecting. In a crowded room with people providing absorption across the floor, it means you can literally hear the sphere.

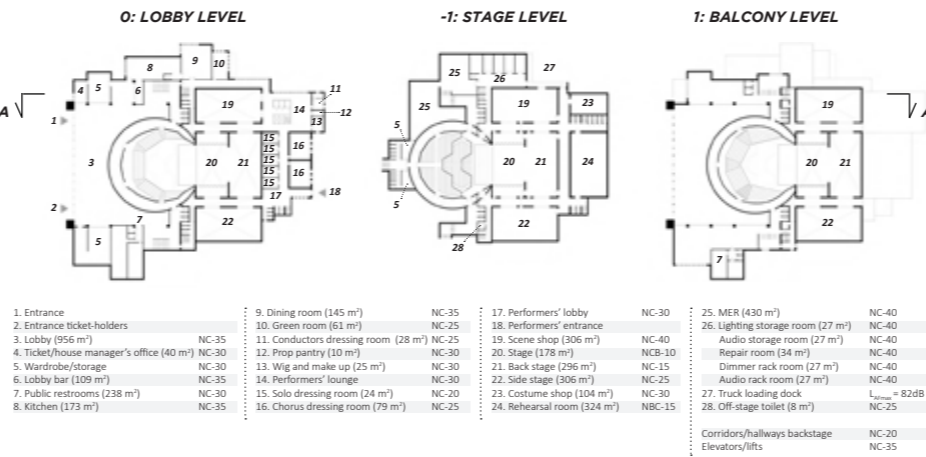
RT unoccupied lobby: 0.75 s
RT occupied lobby: 0.60 s



STAGE LEVEL

Generous areas around the stage provide space for different rehearsals and practices. Similarly to the opera hall, the orchestra rehearsal room (24) is a room-in-room construction with thick walls to protect it from the rest of the backstage as well as the highway noise. For further sound-proofing from the outside disturbance it is also placed under ground, bordered by the foot of the rolling hills in the back. The backstage area is connected by sizeable corridors running around the stage area, to support smooth logistics while also functioning as a noise and vibration reduction.

RT rehearsal room: 0.74 s



Hall capacity:

1,296 seats

Volume:

12,500 m³

Distance to stage:

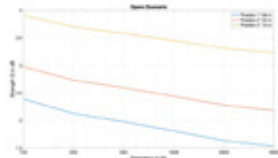
≤ 28 m

Wall materials:

Wood, gypsum boards, concrete

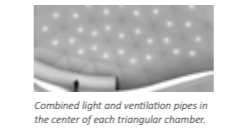
SHORT DISTANCES

The spherical shape allows short distances between the audience and the stage. All seats are within 28 meters from the front of the stage, which means the strength variation throughout the hall is relatively small.



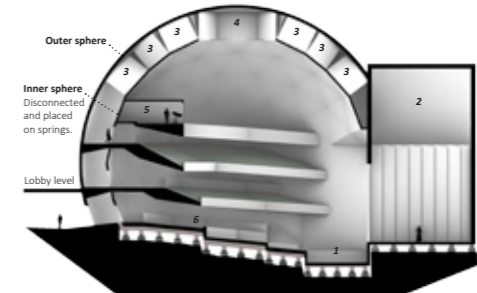
TRIANGULAR CHAMBERS

The surface of the inner sphere is divided into a set of planar triangular surfaces with a rough, diffusing finish. Above the top balcony level, these triangular surfaces can be opened to expose chambers with highly absorbing materials. The hall acoustics can therefore be adjusted by opening up these chambers by different degrees.



INTIMATE SPACIOUSNESS

In most opera halls, clarity and reverberation time are mutually exclusive. However, the spherical shape combines short distances with a big volume. This leads to a strong direct sound with high clarity, combined with the spaciousness of a long reverberation.



ANGLED FRONTS

The perpendicular faces of the first and third balcony (angled slightly downwards) give the artists their needed acoustical feedback. Both work together to bring the reflections in a time pattern which results in a homogeneous reverberant reflection rather than a disturbing echo.

NEARBY REFLECTORS

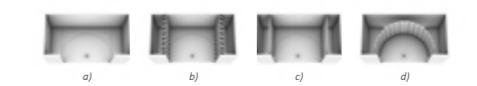
Thanks to the shallow balconies and vineyard-like configuration of the stage level seats, every audience member sits near a reflective surface. This results in a high clarity for the whole audience.

1. Height-adjustable orchestra pit
2. Stage house
3. Triangular chambers
4. Hexagonal chamber
5. Lighting and stage control room (27 m²)
6. Follow spot booth (22 m²)
7. Projection/title booth (20 m²)
8. In-house audio mix position

STAGE RAIL SYSTEM

The walls between the stage and the wings on either side are split up in 8 separate parts. These can be slid along a rail system (a) in the floor as well as rotated to either expose an absorbing or a reflective surface into the stage. Thus, the rotation and position of the

walls affect the overall hall acoustics and can be adjusted depending on type of performance. Furthermore, if the surfaces are slid onto the circular part of the rail, together with plates hoisted down from the gridiron, an orchestra shell (d) can be formed.



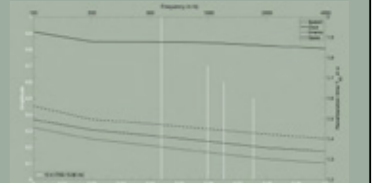
FOCAL POINT REMOVAL

Normally, an issue regarding a spherical volume is the acoustical focal point which is created. However, due to the triangular surfaces and their side length of 4 meters, this effect is avoided for 85 Hz upwards. For low frequencies, the triangles are acoustically invisible due to material thickness. For the remaining frequency range, repeating clusters of six triangles are used to absorb and scatter, thus entirely removing the focal point.

VARIABLE ACOUSTICS

The systems explained above provide several variables for tuning the hall acoustics to fit different types of performances. The graph to the right gives an example of the hall's flexibility with its 86 triangular chambers and 216 m² of variable stage surfaces.

- Opera** 75 triangular chambers fully open. Stage surfaces absorbing. No panels over stage.
- Choir** 43 triangular chambers fully open. Stage reflective. Panels over stage.
- Speech** 69 triangular chambers fully open. Stage reflective. No panels over stage.
- Cinema** 86 triangular chambers fully open. Stage absorbing. No panels over stage.



Inspiration och förberedelse

Som inledande arbete undersökte vi platser med hänsyn till olika fenomen: geologi, ljus, ljud och mikroklimat. Bland annat skrev vi korta essäer om varje plats, tog bilder och ritade sektioner av omgivningen. Dessutom gjorde vi en film som fångar varje platsens speciella karaktär för respektive fenomen.

Dessa undersökningar tog vi med till konceptskissande. Speciellt ljusstudierna under Älvsborgsbron inspirerade oss som senare blev vår ljuskoncept för att iscensätta operahallen.

Också mikroklimatet i viken nära Älvsborgsbron blev en stor inspiration för senare utformning av operan. Samspelet mellan is och vatten som en egen värld separat från resten av älven men ändå en del av den fick direkt användning i symbiosen mellan de olika geometriska former och platsen omkring byggnaden.



Mikroklimat



Geologi

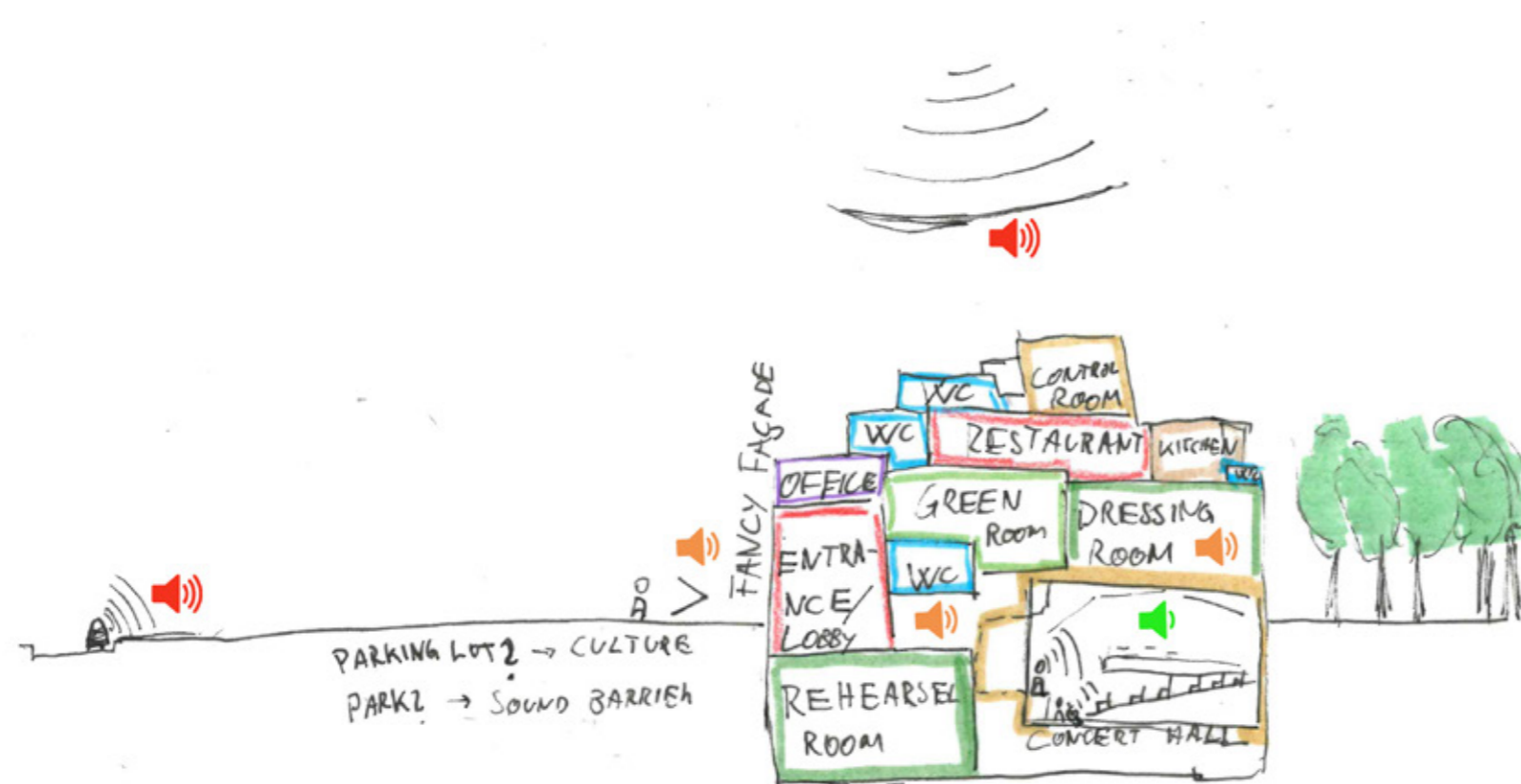


Ljud



Ljus

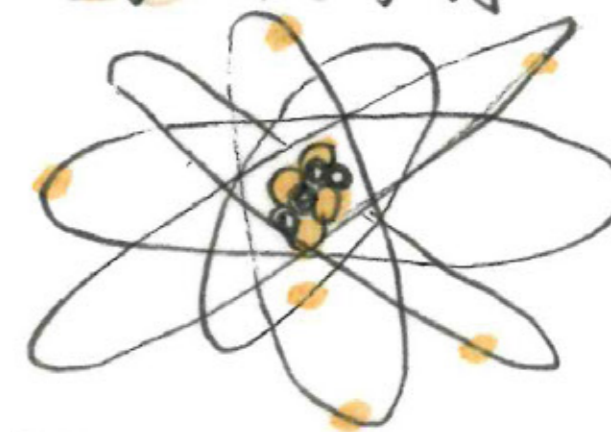
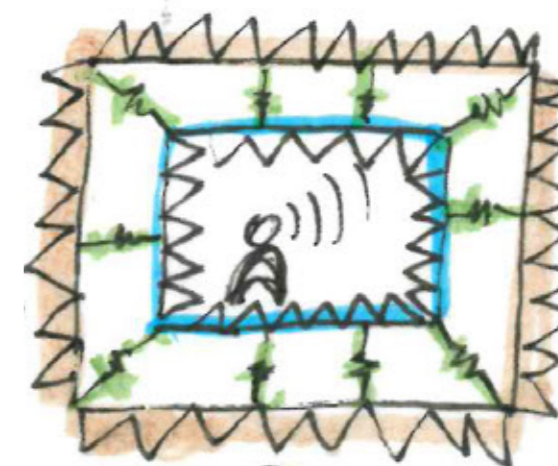
Koncept

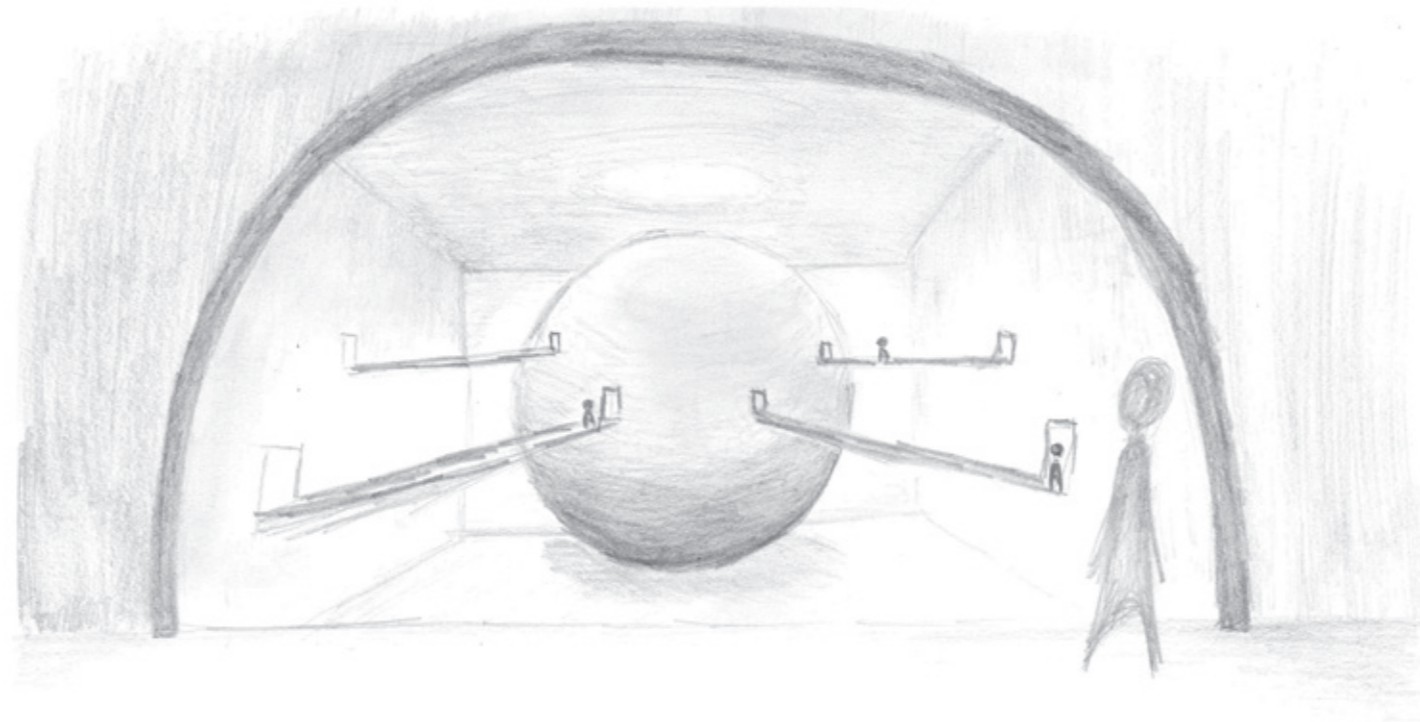


Konceptet i början av utformningen handlade mycket om bullerhanteringen. Idéen var att stapla alla rum med mindre ljudkrav omkring hallen. Byggnaden skulle hantera bullret från flygplan och motorvägen helt själv utan andra skyddande byggnader eller naturen. Utan en plats att relatera sig till utforskade vi olika college campus i USA för att få en bild om hur omgivningen kunde se ut.

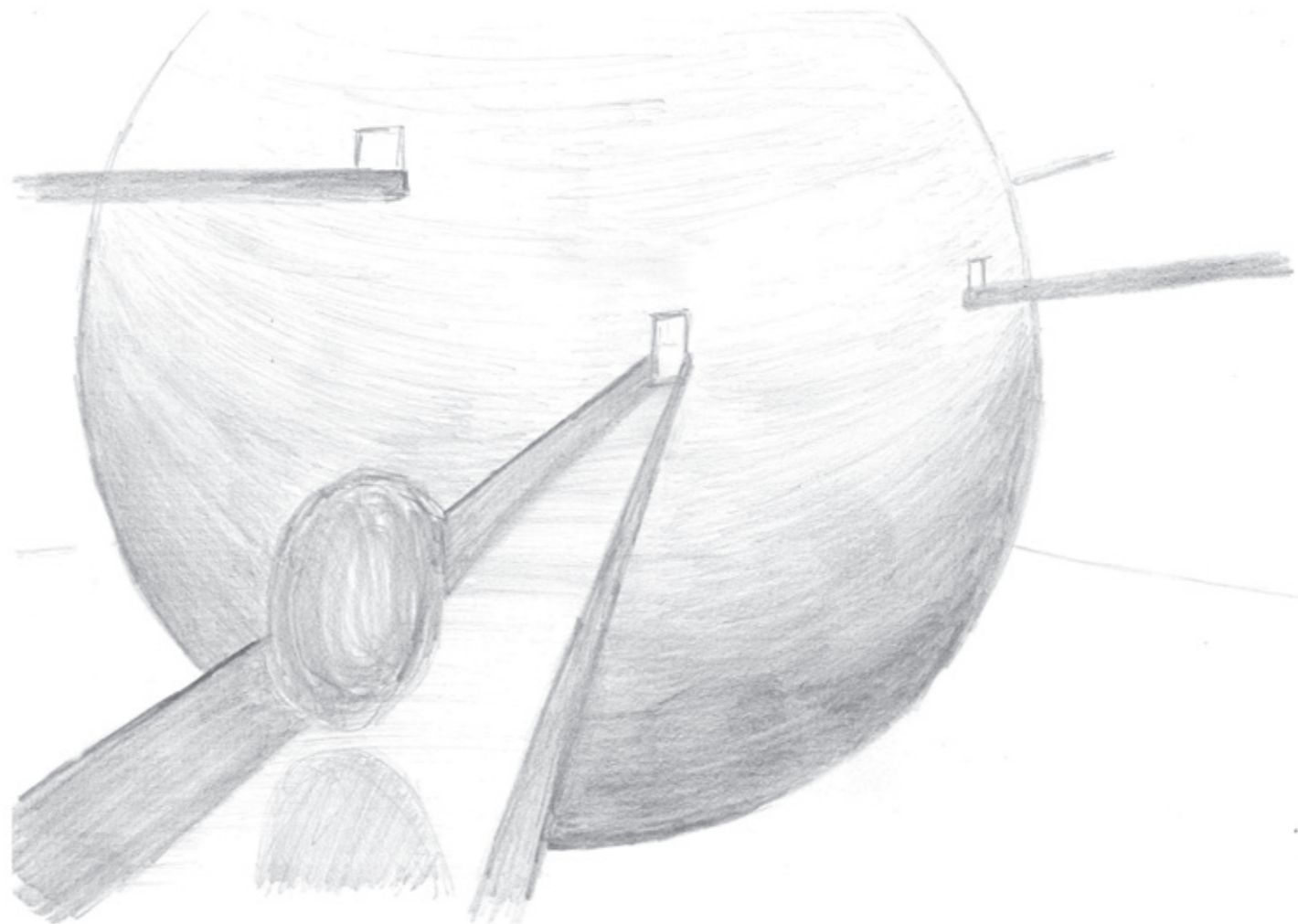
Redan i början tänkte vi mycket på operakulturen och hur vi kunde skapa ett centrum för lärande som samtidigt lockar besökare till platsen.

Idéen att ha en sfärisk operahall kom från ett annat koncept. Att lägga den mest skyddade delen av byggnaden i en symbolisk form som representerar dess vikt i projektet är en central del av utformningen. För att undvika vibrationer under föreställningar från omgivningen, frikopplade vi hallen med fjädrar. Operahallen får med frikopplingen också en faktisk skillnad till resten av byggnaden så att den geometriska formen av hallen sticker ut både som konstruktionen och som form.



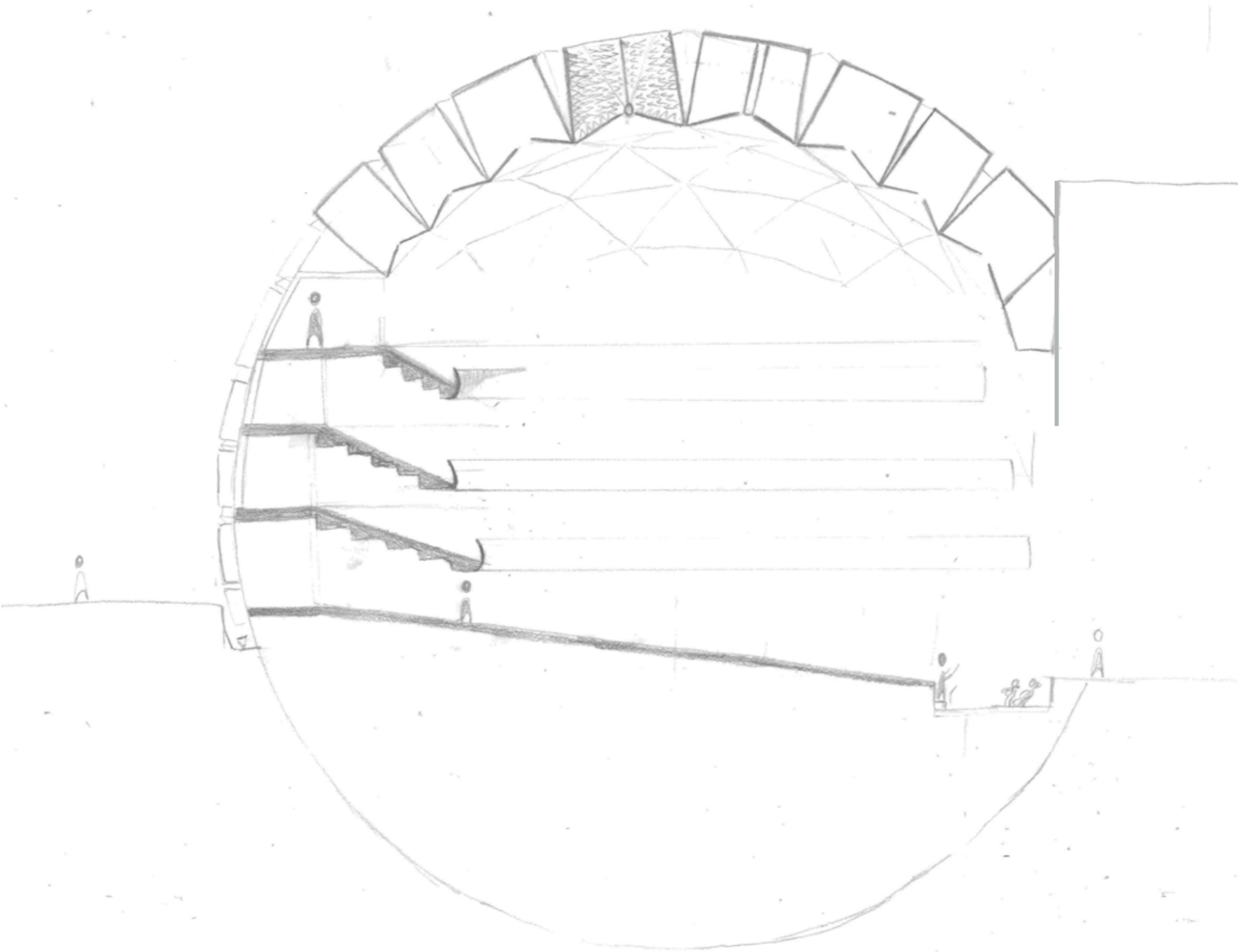


Tidiga idéskisser om hur vi kan visa upp en sfärisk operasal



Akustik

Operasal



Form

Redan tidigt bestämdes att hallen skulle vara helt sfärisk eftersom konceptet bygger på enkla geometriska former. Dessutom skapar sfären en intim känsla i salen i och med alla i publiken sitter väldigt nära scenen vilket ger samtidigt en bra ljudstyrka i hela hallen. Den stora volymen ger lång efterklang och många tidiga reflektioner skapar bra ljudskärpa.

Akustiska lösningar

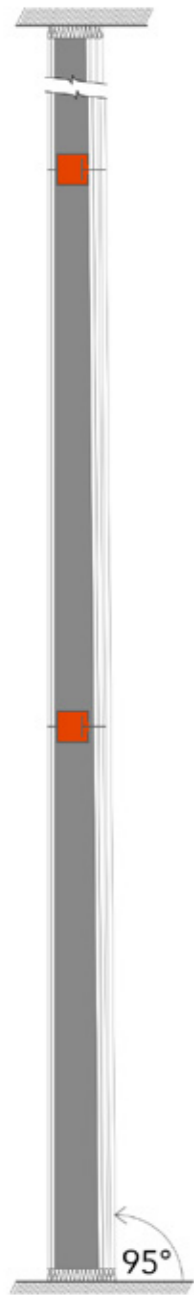
Det sfäriska taket i hallen kan skapa ett obehaglig echo i en fokuspunkt för publiken som vi hanterade med hjälp av olika åtgärder. Mellan den yttre betongkalen som syns i lobbyn och den inre sfären installeras triangulära kamrar som bryter upp ytan och därmed sprider ljudet med lägre frekvenser. För högre frekvenser hjälper materialet att sprida ljudet så att ingen fokuspunkt uppstår. I kamrarna som kan öppnas vid behov finns absorberande material så att efterklangstiden kan justeras.

Alla andra akustiska koncept beskrivs på presentationsmaterialet på sida 3 i denna portfolion.



stängd och öppnad kammare i taket

Lobby



Detaljsnitt av glasfasaden i lobbyn



I lobbyn tar den sfäriska hallen sin centrala plats. Sfärens betongyta är den enda ljudreflekterade ytan i rummet eftersom alla väggar och taket är ljudabsorberande. Även glasfasaden kan räknas som absorberande eftersom den är lätt lutad inåt så att ljudet reflekteras uppåt och inte bidrar till lobbyns efterklangstid. Det betyder att efterklangstiden i den stora lobbyn är balanserad

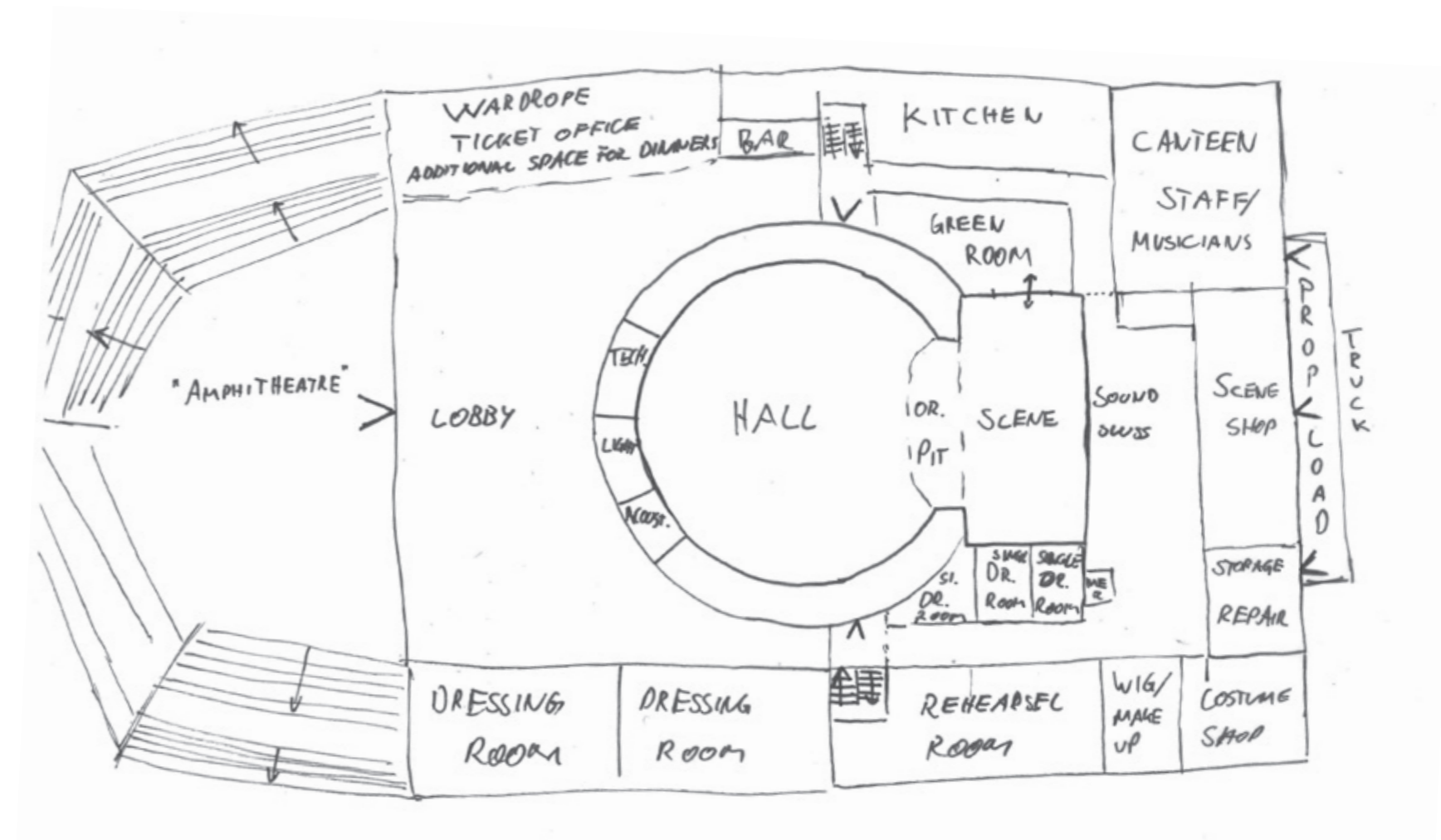
till ett behagligt nivå och man kan höra endast reflektioner från sfärens yta. Därifrån kommer även namnet av projektet - Hear the Sphere.

Öppningen i mitten av lobbyn leder till paketplatserna i hallen och kan stängas vid behov, till exempel om en större sammanhängande golvyta behövs vid middagar eller om skolan vill arrangera fester i byggnaden.

Planlösning

Idé

Genom långa konversationer med ett medlem från Kungliga Filharmonikerna och en opera expert från Hamburg fick vi en bra bild av hur operakulturen fungera och utgick från den informationen för att rita en planlösning som tar hänsyn till både besökarna och anställda (musiker, studenter etc.)



Personal

Operan byggs först och främst för studenter som ska lära sig hur verksamheten runt föreställningar fungera och som ska få en inlevelse i kulturen. Därför planerades alla omklädningsrum, verkstäder och andra lokaler med stor omsorg. Fasaden och därmed formen följer funktionerna av verksamheten.



vyn från omklädningsrummen mot hallen

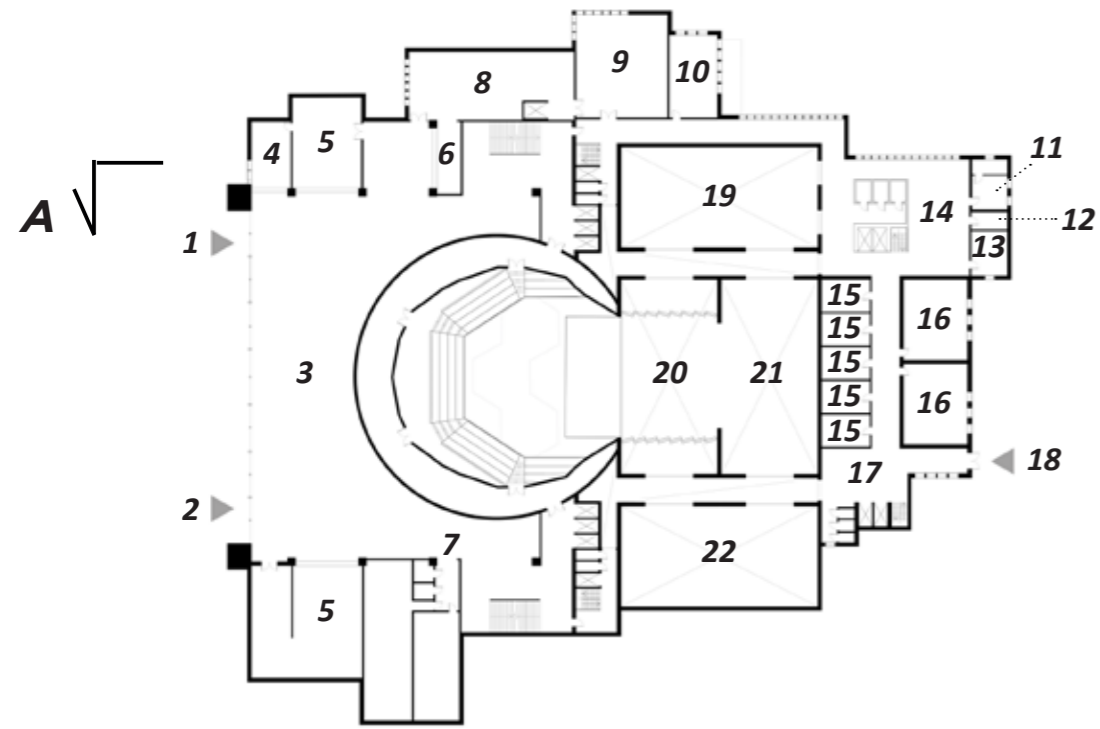
Publik

Flödet av stora publikmängder stod i fokus när den offentliga sidan ritades. Lobbyn var enligt programkravet viktigt och skulle vara flexibel för flera olika sorter evangemang. Stora trapphus och vistelseytor på olika nivåer runt det stora atriumet skapar en multifunktionell byggnad med den sfäriska hallen i mitten.

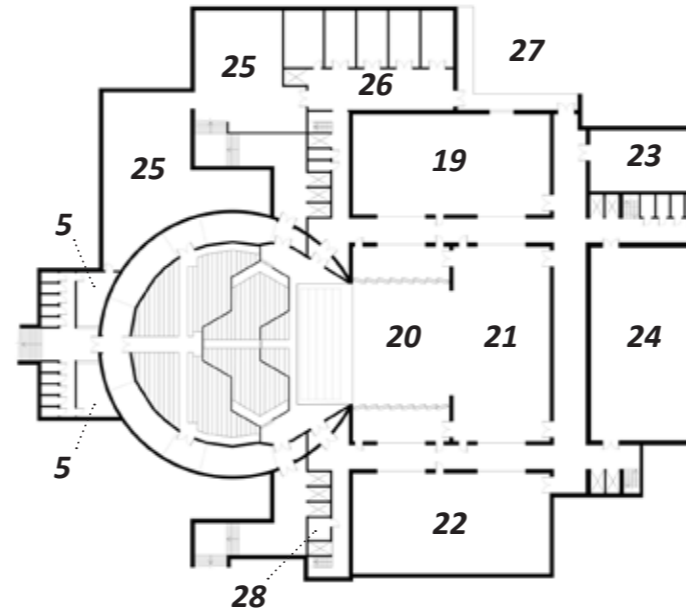


Trappan till balkongerna i salen

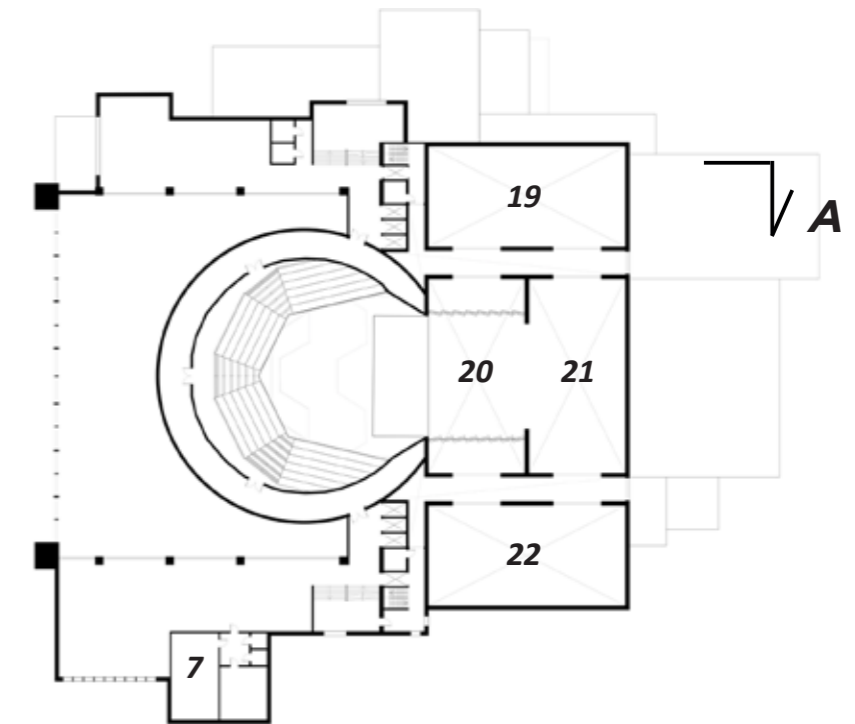
0: LOBBY LEVEL



-1: STAGE LEVEL



1: BALCONY LEVEL



1. Entrance		9. Dining room (145 m ²)	NC-35	17. Performers' lobby	NC-30	25. MER (430 m ²)	NC-40
2. Entrance ticket-holders		10. Green room (61 m ²)	NC-25	18. Performers' entrance		26. Lighting storage room (27 m ²)	NC-40
3. Lobby (956 m ²)	NC-35	11. Conductors dressing room (28 m ²)	NC-25	19. Scene shop (306 m ²)	NC-40	Audio storage room (27 m ²)	NC-40
4. Ticket/house manager's office (40 m ²)	NC-30	12. Prop pantry (10 m ²)	NC-30	20. Stage (178 m ²)	NCB-10	Repair room (34 m ²)	NC-40
5. Wardrobe/storage	NC-30	13. Wig and make up (25 m ²)	NC-30	21. Back stage (296 m ²)	NC-15	Dimmer rack room (27 m ²)	NC-40
6. Lobby bar (109 m ²)	NC-35	14. Performers' lounge	NC-30	22. Side stage (306 m ²)	NC-25	Audio rack room (27 m ²)	NC-40
7. Public restrooms (238 m ²)	NC-30	15. Solo dressing room (24 m ²)	NC-20	23. Costume shop (104 m ²)	NC-30	27. Truck loading dock	L _{AFmax} = 82dB
8. Kitchen (173 m ²)	NC-35	16. Chorus dressing room (79 m ²)	NC-25	24. Rehearsal room (324 m ²)	NBC-15	28. Off-stage toilet (8 m ²)	NC-25
						Corridors/hallways backstage	NC-20
						Elevators/lifts	NC-35

Backstage

Logistiken i Backstagearean planerades noggrant. Breda korridorer som fungerar som bullerskydd underlätta samtidigt enkel förflyttning av till exempel scenbilder. Under en föreställning rör sig många människor runt scenen (orkester, solister, kör samt andra medarbetare). De stora korridorer och ytor mellan olika övningsrum, rehearsal room och verkstäder gör förflyttning mellan omklädningsrum och scenen enkelt och fungerar samtidigt som ljudslussar.

Green room ligger i anslutning till köket mitt emellan omklädningsstrakten och en dörr till den offentliga delen av byggnaden medan avståndet till scenen är kort.

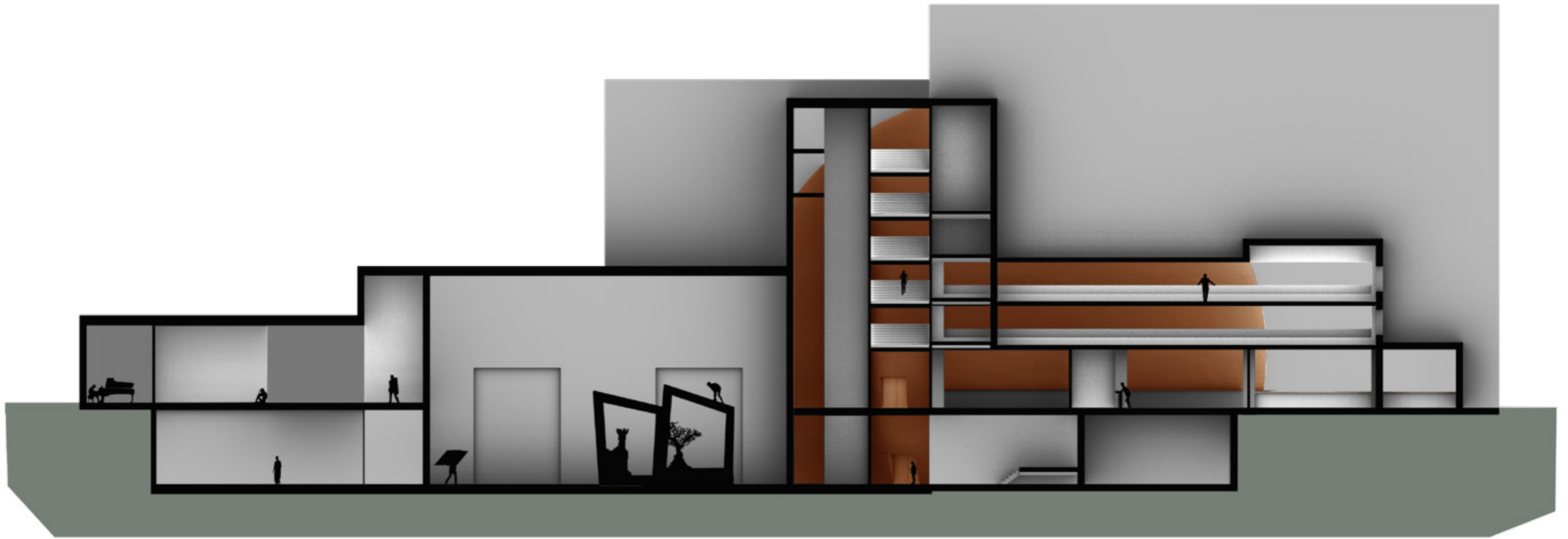
Tillgång till hallen

Den symmetriska uppdelningen av lobbyn ger flera fördelar. På vägen till hallen är garderober och en bar placerad så att det blir naturligt att stanna där. Eftersom den stora sfären i mitten leder flödet av besökerna till sidorna är trapphuset strategiskt placerat på båda flankerna. Flera hissar och breda trappor styr publiken in i hallen på tre olika nivåer. Dessutom kommer man upp till lobbybalkonger som skapar ett stort atrium runt sfären.

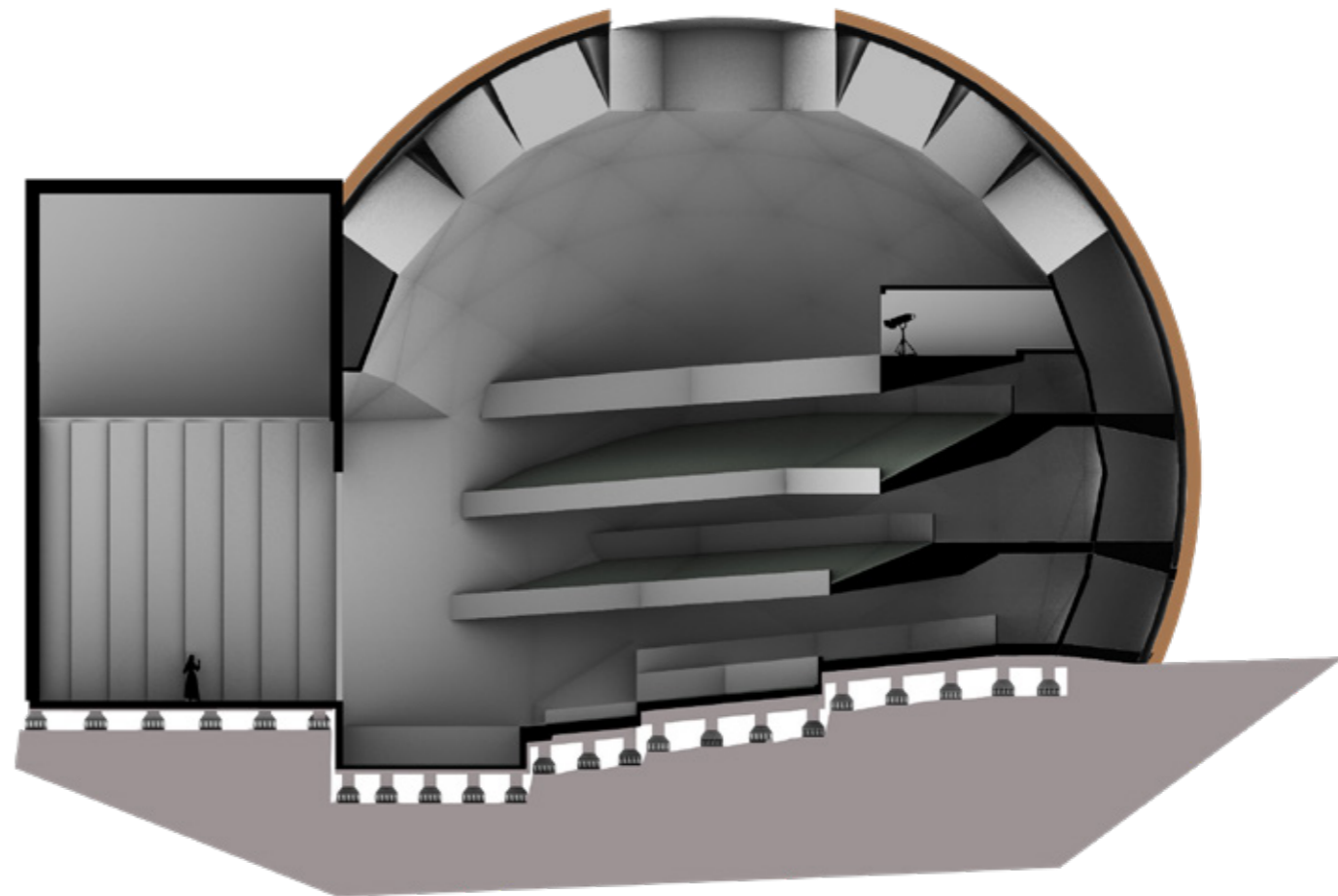
En stängbar trappa i golvet i mitten av lobbyn avlastar de två trapphus vid sidorna av sfären och leder till pakethallen i hallen och en extra garderob samt toaletter.

Hallen

Tre balkonger och ett stort sittplatsområde på scennivån ger plats till ungefär 1300 personer i publiken. Den högsta balkongen är endast tillgänglig för personal och innebär rum för alla tekniska nödvändigheter. Orkesterpiten är höj- och sänkbar och kan också användas till sittplatsyta under vissa tillfällen. Orkestern kommer in via två ljudslussar på bägge sidor av hallen. Alla andra artister kommer in på scenen via de två stagewings. Stora porter vid sidan av scenen och bakom gör det möjligt att rulla in scenbilder på stagen.

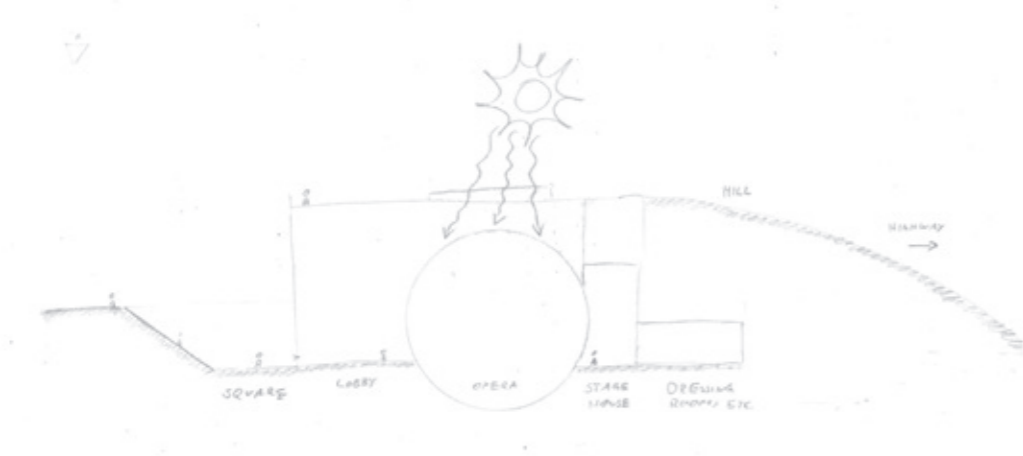


A - A

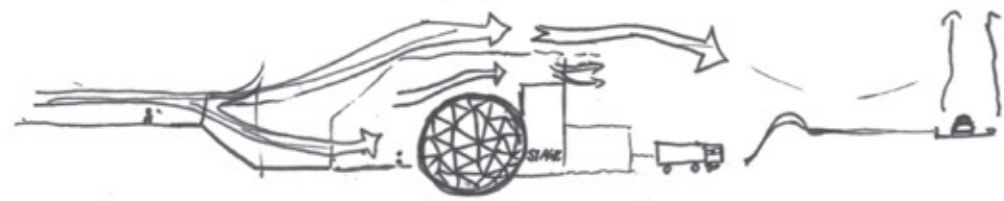


B - B

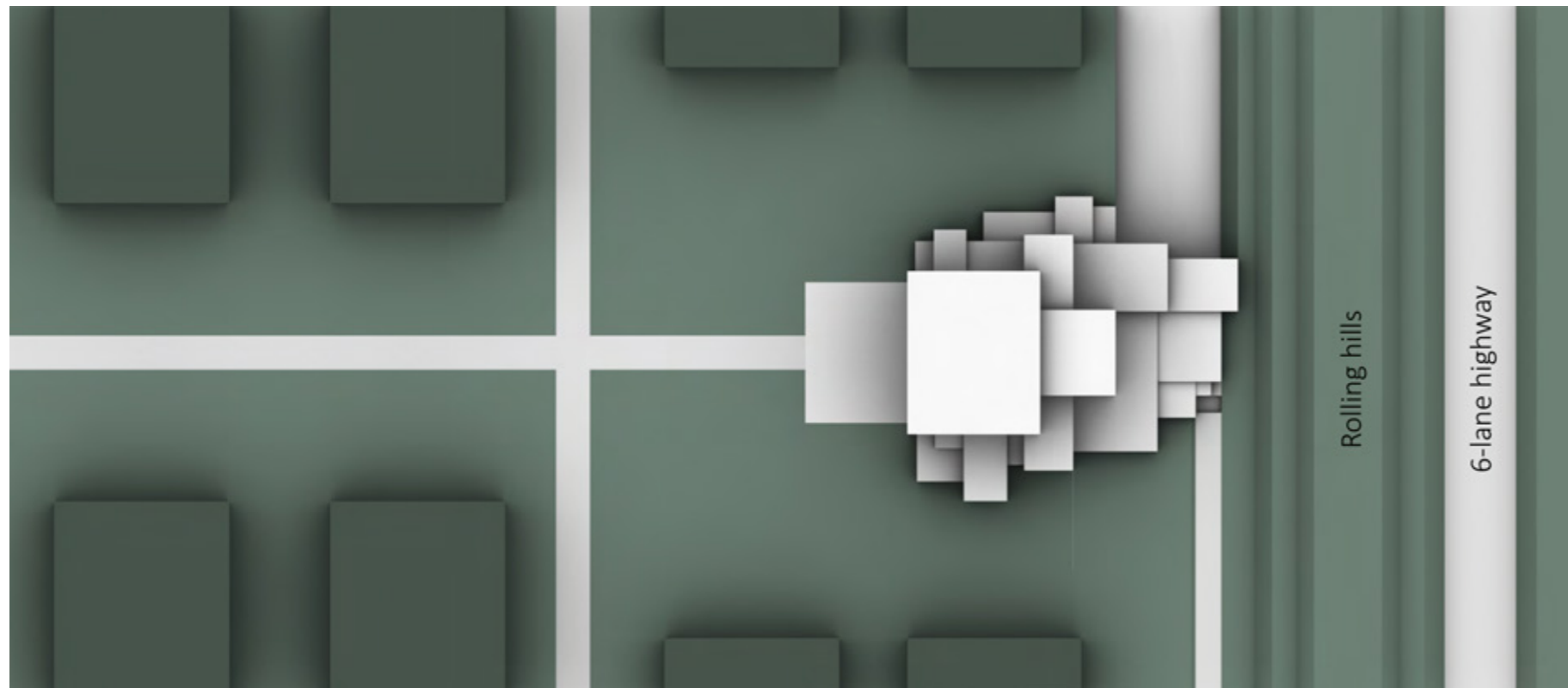
Campus



Amfiteater framför hallen samt ljusintag i lobbyn



Koncept om naturlig ventilation



Idé

Att integrera operan som ett centrum för kultur på campus är en tidig idé som följde oss genom hela projektet. Eftersom det inte fanns mycket information om hur området ser ut, fokuserade vi främst på fasadens uttryck och att skapa en plats framför byggnaden som visar dess betydelse för skolan.

Naturlig ljus

Att integrera naturligt ljus i byggnaden hade stor fokus under arbetet men fick inte mycket uppmärksamhet i slutpresentationen. Ett sätt att iscensätta den stora sfären i lobbyn är att ha ett stort ljusintag i taket ovanför sfären.

Plats

Operan ligger i anslutningen av en lång axialitet bredvid andra viktiga universitetsbyggnader.

En idé som inte kom med i projektet var att utforma ett amfiteater framför huvudingången. På detta sätt skulle vi skapa en plats för studenterna att vara nära operan också utanför evenemangtider och för utomhuskonserter. Amfiteatern kom inte med i projektet pga att byggnaden inte blev nedsänkt i marken som tidigare tänkt och för fokuset i presentationen låg på interiören av byggnaden.

Bullerskydd

För att reducera bullret från den stora motorvägen bakom operahallen planerade vi en kulle som följer vägen med jordmassan från byggplatsen. Kullen hjälper också att skydda studenterna visuellt från biltrafiken.

Lärmet från flygplan kunde inte tas hand om genom omgivningen vilket också var ett argument mot amfiteatern som skulle vara utsatt för mycket flyglärm under dagen och därmed mindre lämplig för konserter.



Samarbete

Samarbete under kandidatarbetet gick smidigt och var väldigt givande. Vi kompletterade varandra bra med olika skisstekniker och idéer. Även arbetet med vår akustikstudent var okomplicerad. Jan gjorde det enekelt för oss att fokusera på arkitekturen och kompletterade våra idéer med smarta akustiska lösningar. Även det stora problemet att bryta fokuspunkten i den sfäriska salen löste vi tillsammans med hjälp av olika arkitektoniska och akustiska innovationer. Slutresultatet är en fungerande operahall som representera den stolta musiktraditionen av universitetet till studenterna och besökare.

Interdisciplinär arbete

Att samarbeta med akustikstudenter tränade mig mycket i att förstå vikten av att ta hänsyn till olika aspekter som utgör en bra byggnad. Utan genomtänkt akustik kan ingen bra arkitektur skapas. Genom detta samarbete lärde jag mig att uppskatta andra discipliner. Även om jag inte blev expert på akustik under projektet kunde jag ändå förstå vad Jans akustiska idéer gick ut på. Lika som han kunde ge förslag om gestaltningen kunde Daniel och jag lätt diskutera akustiken. Jag hoppas att jag kommer arbeta lika interdisciplinärt också i framtiden med olika arkitekturrelaterade ämnen.

Lärare & Experter

Under projektet hade vi intervjuer med ett medlem från Kungliga Filharmonikerna och en opera expert från Hamburg som gav oss en bra bild om hur en opera fungerar och den långa traditionen av konsten. Också under handledningarna med våra lärare Morten Lund och Peter Christersson var konstruktiv och bra så att vi alltid tog med oss nånting från samtalet. I början av projektet hade vi även konsultationstid med två förre detta AT-studenter som hjälpte oss med frågor om ljus och klimatet i byggnaden. Tyvärr kom fokuset lite bort från de två aspekter i slutet eftersom det krävdes mycket arbete för alla inlämningskrav till tävlingen.