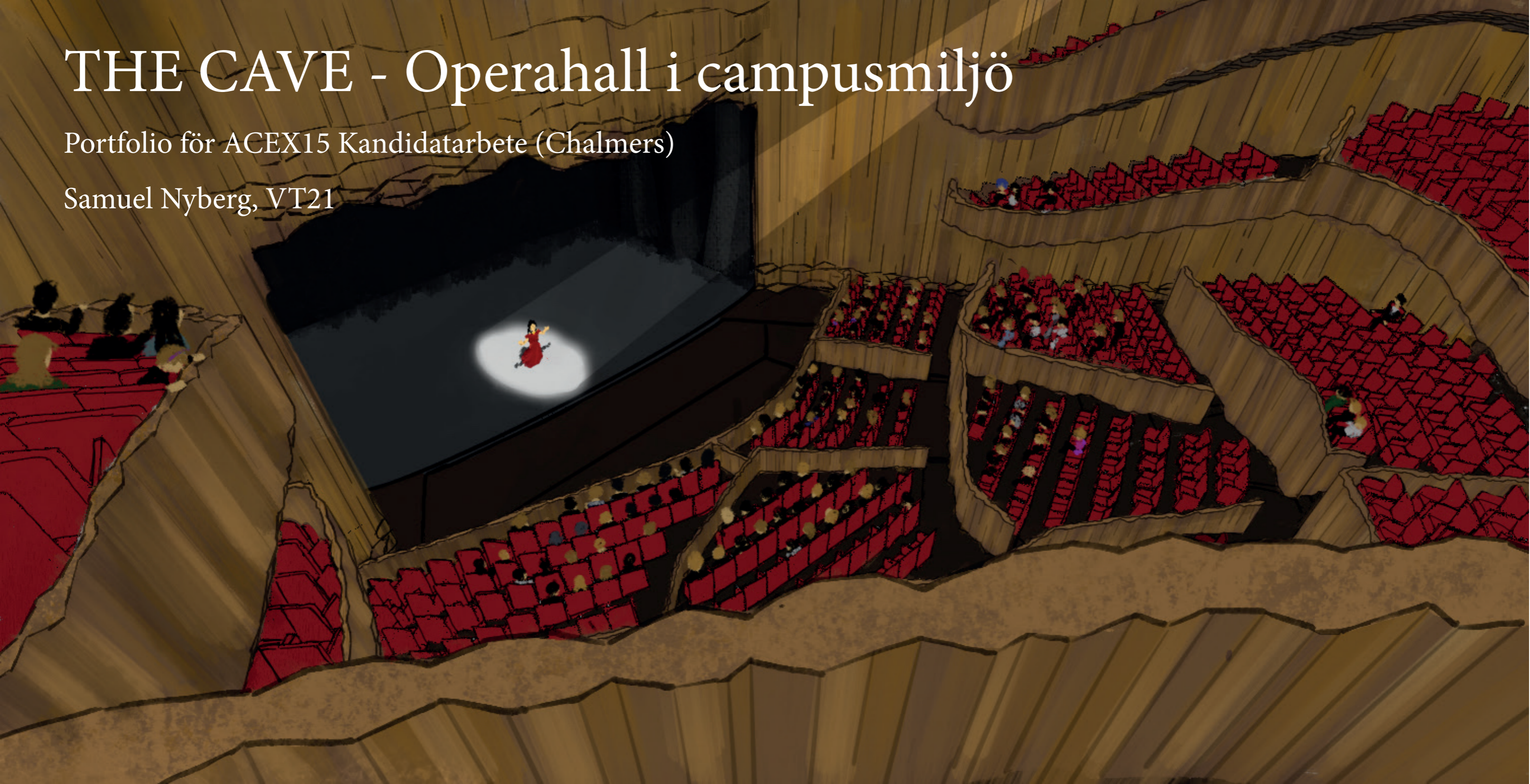


THE CAVE - Operahall i campusmiljö

Portfolio för ACEX15 Kandidatarbete (Chalmers)

Samuel Nyberg, VT21



Under hösten 2021 har jag, tillsammans med Lena Allgurin, ritat ett förslag på en operahall i campusmiljö. Projektet tog avstamp i en studenttävling från Acoustical Society of America (ASA) och infogade element och designsteg från allt vi lärt oss under våra tre år på kandidaten - struktur och konstruktion, ljussättning och upplevelse, inneklimat och ventilation, och dessutom en för tävlingen högst relevant del av akustik och rumsupplevelse.

Genom ett iterativt arbetssätt där vi ständigt tog emot och bearbetade feedback från våra handledare, samt fick hjälp av studenter från akustikmastern, förfinade vi vårt initiella förslag tills dess att vi presenterade projektet i sin helhet. På grund av projektets stora omfattning var det mycket som behövde skalas av och läggas åt sidan, men slutprodukten blev ändå bättre av det.

I det här projektet har jag framför allt lärt mig att hålla ett öga på alla delar i designprocessen, vare sig det är akustik, rumsupplevelse, konstruktion, inneklimat eller något annat så ska alla delar tänkas på och vara med. I början kändes det som en enorm utmaning men i slutet kändes det som att vi lyckades väl och jag lärde mig väldigt mycket om att lägga upp, strukturera och prioritera arbete.

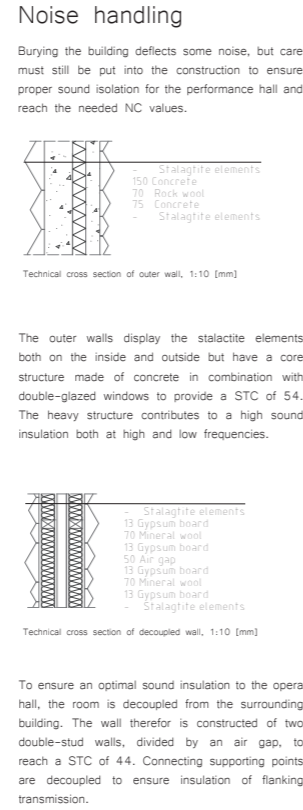


FLOOR 0 / SECOND BALCONY	Noise criteria
1. Lobby	NC35
2. Reception / cloakroom	NC30
3. Entry ramp	-
4. Auditorium	NCB15
5. Stage house	NCB15
6. Rehearsal room	NCB15
7. Green room	NC30
8. Chorus dressing room	NC30
9. Wig and Make up	NC30
10. Solo dressing room	NC30
11. Storage	-
12. Loading dock / back entrance	-
13. Serving area / Bar	NC35
14. Projection / Title Booth	NCB15
15. Light and stage manager room	NCB15
16. Follow spot booth	NCB15
17. Elevators and ventilation shaft	-
18. Restrooms	-

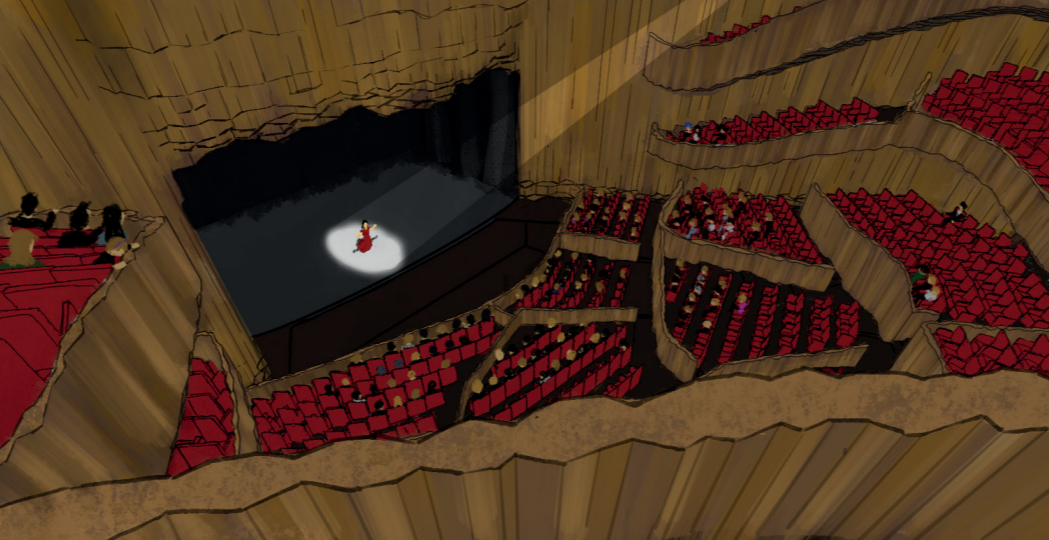
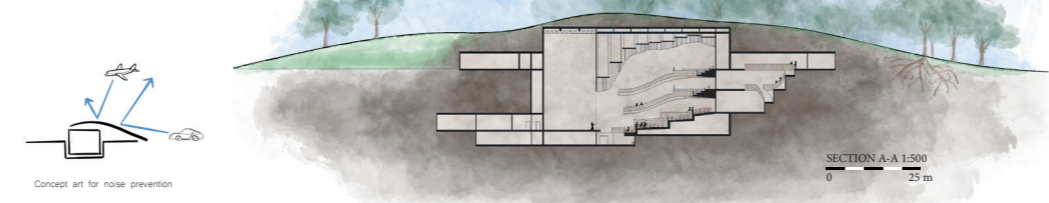
FLOOR -1 / FIRST BALCONY	Noise criteria
19. Scene Shop	-
20. Costume Shop	-
21. Storage	-
22. Conductor dressing room	-
23. Repair room	-
24. Dimmer room	NC30
25. Audio rack room	-
26. Audio storage	-
27. Lighting storage	-
28. Prop Pantry	-
29. Mixing position	-
30. MER	-

FLOOR -2 / STAGE FLOOR	Noise criteria
31. Orchestra pit	NC15
32. Storage	-

FLOOR -3 / ORCHESTRA PIT FLOOR	Noise criteria
31. Orchestra pit	NC15
32. Storage	-



THE CAVE



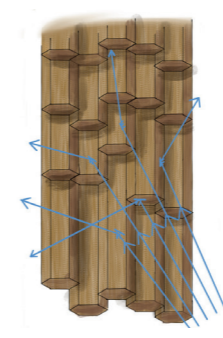
Hidden deep within a hillside lies the Cave, the performance hall of the local university. The nickname seems obvious to a hall buried under the ground, and this is further enhanced by the interior. Uneven surfaces and driptstone-like elements give the interior a rugged, cavern-like feeling, and the auditorium itself is a craggy landscape of asymmetrical balconies and seating sections, varying in height, shape, and size.

The hall is appreciated by students and faculty alike, both for its aesthetic and for its acoustics, and it is a famous spot among the locals as well. Adjustable for a multitude of acoustics, it is used for everything from rehearsals to big performances, exam ceremonies, and speaking events, and it's even a popular venue for local companies to hire.

Burying the hall comes as a solution to a somewhat complicated program. The proposed site is unfortunately wedged between the existing campus and a major 6-lane highway, and with a flat topology that allows the resulting noise to travel unimpeded. The site also lies directly underneath a flight path extending from a nearby airport. To deal with the resulting noise, the building is mostly sunk into the ground, and additional soil is added on top, to form a manmade hill. The soil on top acts as a buffer for airplane and roadway noise, ensuring a quiet space inside the building. Simultaneously, the hill protects the immediate campus area from roadway noise, lowering noise levels in nearby areas.

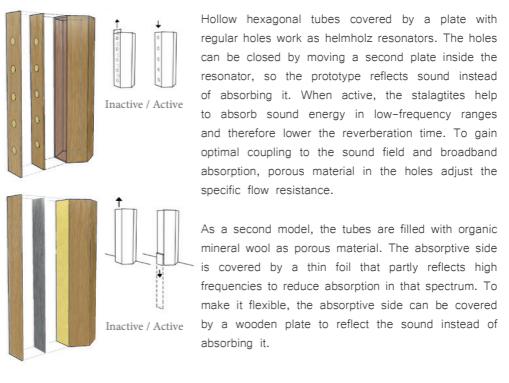


Stalactites & Verticality

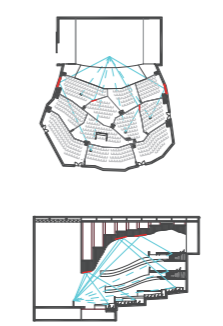


Vertical stalactites are used in the whole building as a unifying design element. While the shape of the cross section may vary, they are all extruded vertically in a similar way. By changing the height of the elements in the ceiling, it may seem more rounded and flowing, even though the undersides are all flat.

In the hall and rehearsal room, these elements are also used to improve the acoustic properties. Hidden within are two types of acoustical features, seen displayed to the right. They are intended to add additional absorption to the room and help reach desired reverberation times in all frequency ranges. Additionally, the stalactites offer the possibility to reflect the sound diffuse, as seen on the left.

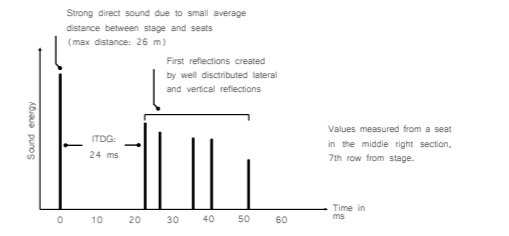


Clarity & ITDG

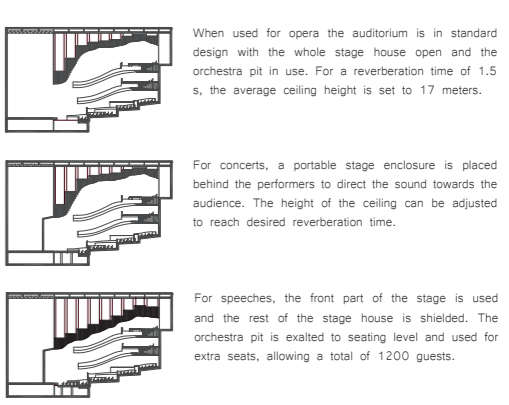


The cave-like elevated floor sections prevent attenuation of the sound, where especially the front seats at each plateau will receive a strong direct sound. Straight walls prevent sound focusing, while flutter echoes are averted by asymmetrical orientation of the walls. The walls are carefully used as reflectors for early reflections and diffuse reflectors with the help of the stalactite elements.

The height gives the opportunity to produce a favourable reverberation time. The ceiling close to the stage opening is lowered. Along with an optimal curvature, this provides proper early reflections for the first and middle rows. The stalactites give the possibility to systematically provide optimal reflective surfaces.



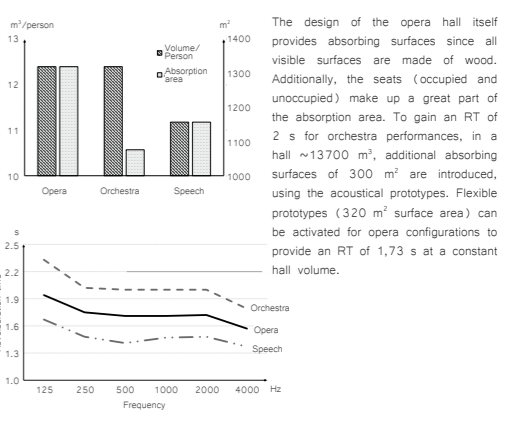
Variable acoustics



When used for opera the auditorium is in standard design with the whole stage house open and the orchestra pit in use. For a reverberation time of 1.5 s, the average ceiling height is set to 17 meters.

For concerts, a portable stage enclosure is placed behind the performers to direct the sound towards the audience. The height of the ceiling can be adjusted to reach desired reverberation time.

For speeches, the front part of the stage is used and the rest of the stage house is shielded. The orchestra pit is exalted to seating level and used for extra seats, allowing a total of 1200 guests.



Journey downwards

From the outside, the facade looks like a cliff wall or a cave mouth. Entering the building one first enters the lobby, with a low roof and a wide floor, which then opens up to a ravine leading the visitor further into the depths. At the end of the journey lies the hidden opera hall.

The wooden paneling puts a twist on the cave theme. Where a stone hall may feel cold and unpleasant at times, the wooden elements instead gives a warmer and brighter feeling, as well as a softer acoustical environment. Thus, the hall is not only a memorable visit but a pleasant stay.

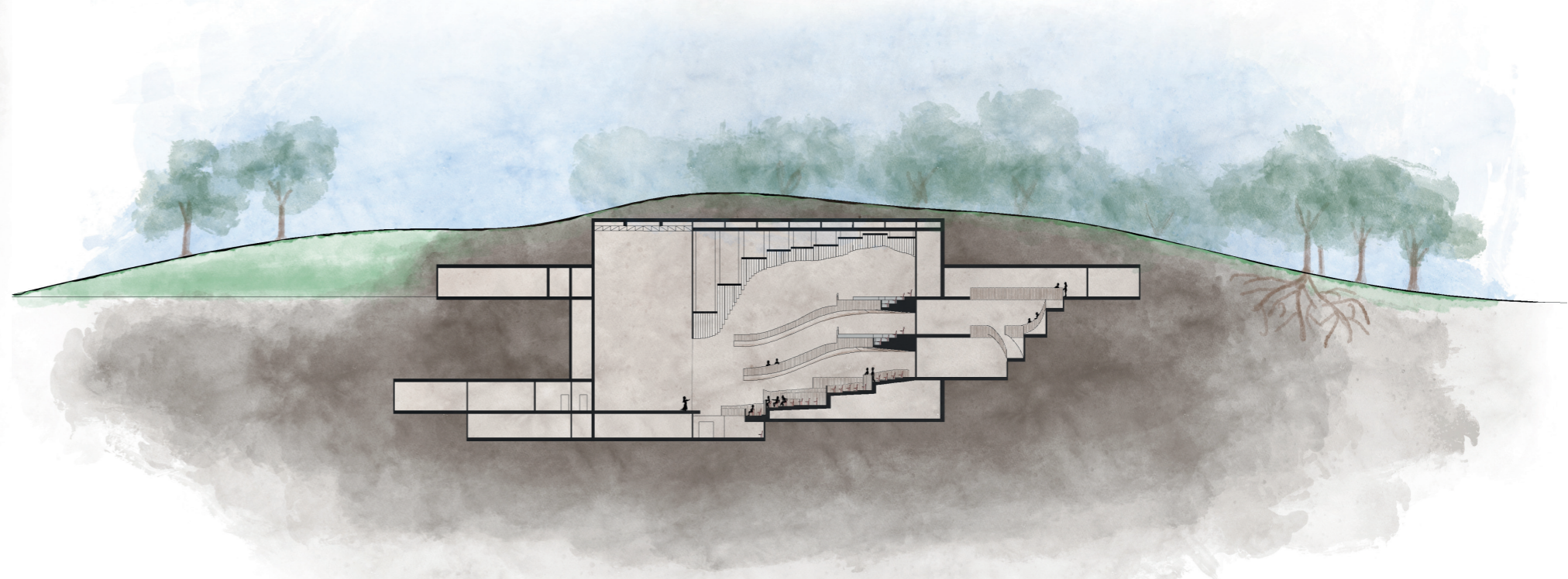


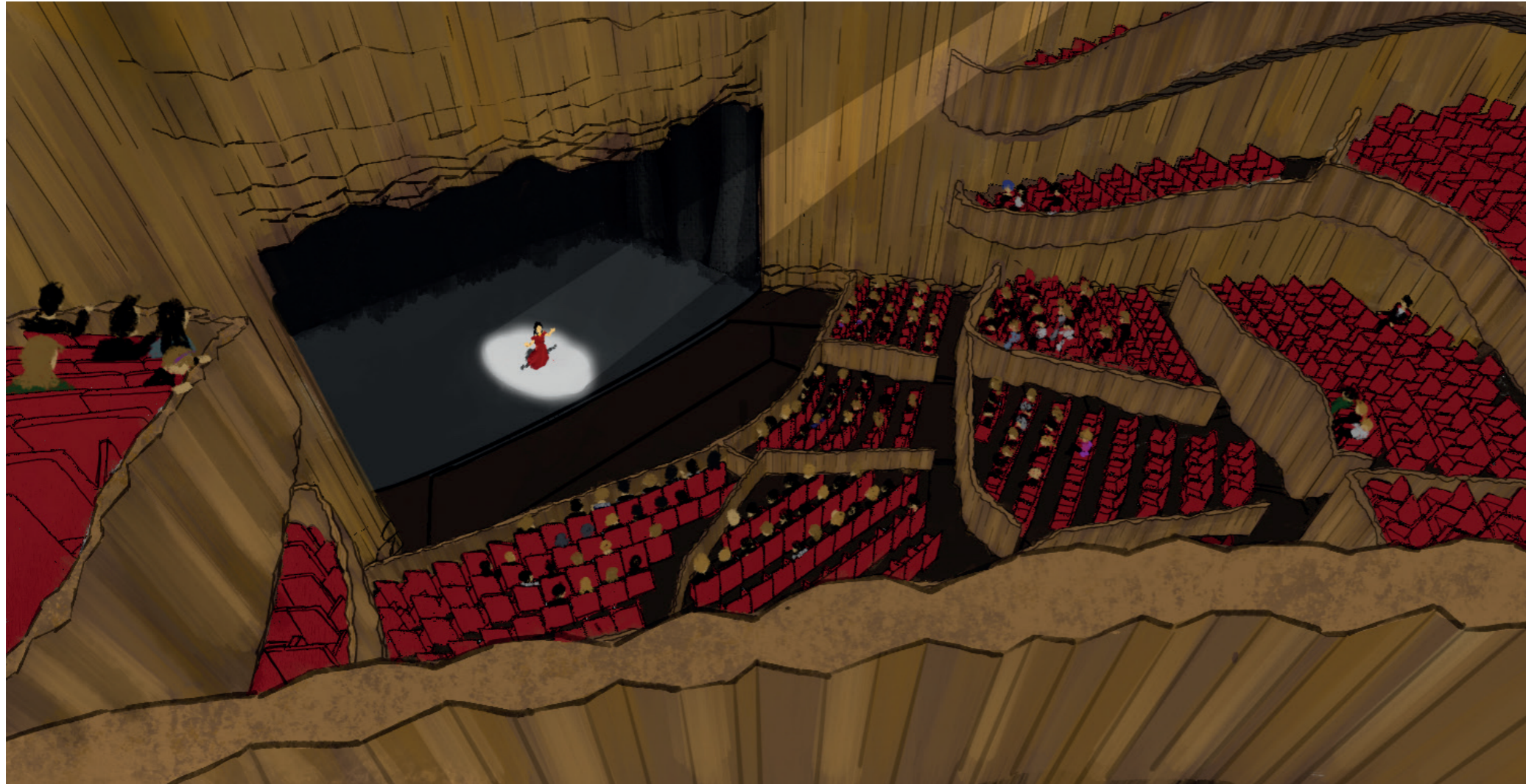
Lena stod för den främsta utformningen av byggnaden i sig, medan jag jobbade mer med interiören i själva operahallen. Jag tycker hon gjorde ett mycket bra jobb, där funktionerna kändes ordnade och välplacerade, och rörelsen var lätt att läsa in och presentera för en publik. Att färglägga dem gjorde också att de stod ut på planchen, och Lenas val av mjuka akvarellfärger gjorde ett trevligt intryck och kändes väl avmätt.

I samband med att jag satte ut figurer i sektionen gjorde jag det även i plan, något jag är lite kluven över - å ena sidan ser många av figurerna väldigt underliga ut, men å andra sidan så hjälper de att läsa in rummets storlek och syfte. Trots det tror jag inte att jag hade valt att ha med figurer ovanifrån igen.

Det hade varit intressant att fördjupa sig i andra rum än bara operasalen, exempelvis fick inte övningsrummet lika mycket kärlek som vi pratade om initiiellt. Vi tog fram material för att kunna göra ett rum med samma akustiska förutsättningar som operasalen, men hade inte tid och möjlighet att visa det i materialet.

En annan sak vi inte fick med var fasadens uttryck. Vi diskuterade många olika utformningar men satte aldrig en slutgiltig design på det. Följaktligen är sektionen det enda i presentationsmaterialet som beskriver hur byggnaden möte landskapet för en besökare. Om mer tid - och mer plats på planchen - hade funnits, hade vi nog vunnit en del på att beskriva utsidan och hur en besökare möts av byggnaden, som en invävd del i vårt koncept.





Vi bestämde oss väldigt tidigt för att vi inte ville göra några renderingar i datorn, eftersom vi båda var osäkra på hur bra de skulle bli. Hellre då att sticka ut lite med handritade perspektiv, tyckte vi! Det skulle dock visa sig vara minst lika tidskrävande, men det var ändå en god erfarenhet och vi var ganska nöjda med slutresultatet.

Perspektiven är gjorda med en grov 3D-modell som bakgrund, och linjerna målade på det. Med hjälp av penseldrag i olika träfärger försökte jag få till känslan av den ojämna väggen med stalagtitelementen, och jag tror det landade kanske bra. Upplösningen är dock inte den bästa...

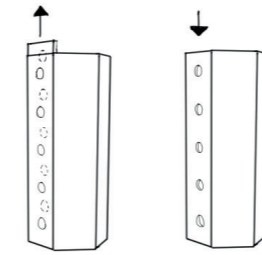
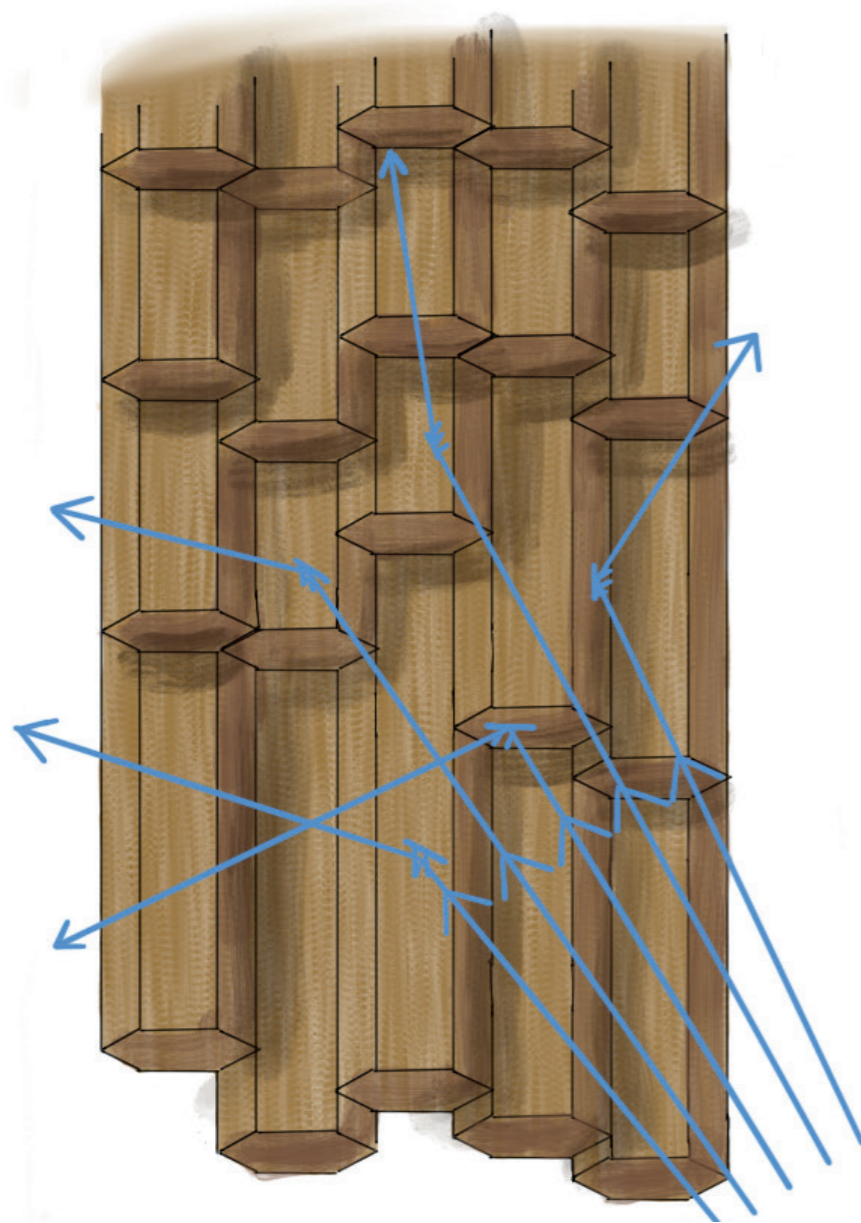
Här på bilden kan man också se att sektionerna i hallen har oregelbunden form och höjd, något vi hade med väldigt tidigt i projektet. Tanken var att ge god klarhet i ljudet genom att alltid sitta nära en vägg. Exakt hur bra det funkar vete gudarna, men uttrycket i rummet blev mycket mer grottliskt med de ojämna ytorna och höjdskilladerna, en dramatik vi var mycket glada över.



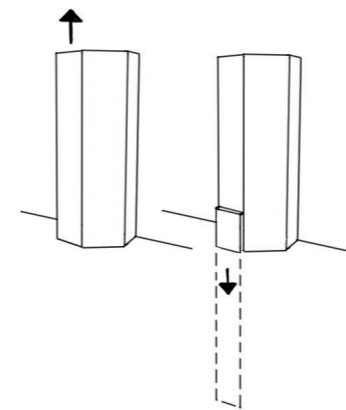
Vägen ner från lobbyn, ner i marken till operasalen, tog lång tid att spika. Till slut tog vi ett uttryck från våra tidigaste skisser, en ravin med en lång ramp man kan följa ner. Vi gillade uttrycket av lobbyn med det låga taket, i kontrast mot den djupa öppningen när man rör sig nedåt.

Jag fyllde illustrationen med folk för att visa på rörelsen nedåt, men såhär i efterhand borde det även varit lite möblemang så inte rummet känns så kallt.

För att ge operasalen lite liv fyllde jag den med små figurer, som på det stora avståndet inte behövde några större detaljer. I lobbyperspektivet ser vi några av de figurerna i förgrunden istället, i långt större format än tidigare. Jag valde att ge dem kläder i neutrala färger, och behöll den låga detaljnivån. De är där för att man ska leva sig in i bilden, men tar inte uppmärksamheten från resten av bilden.



Inactive / Active

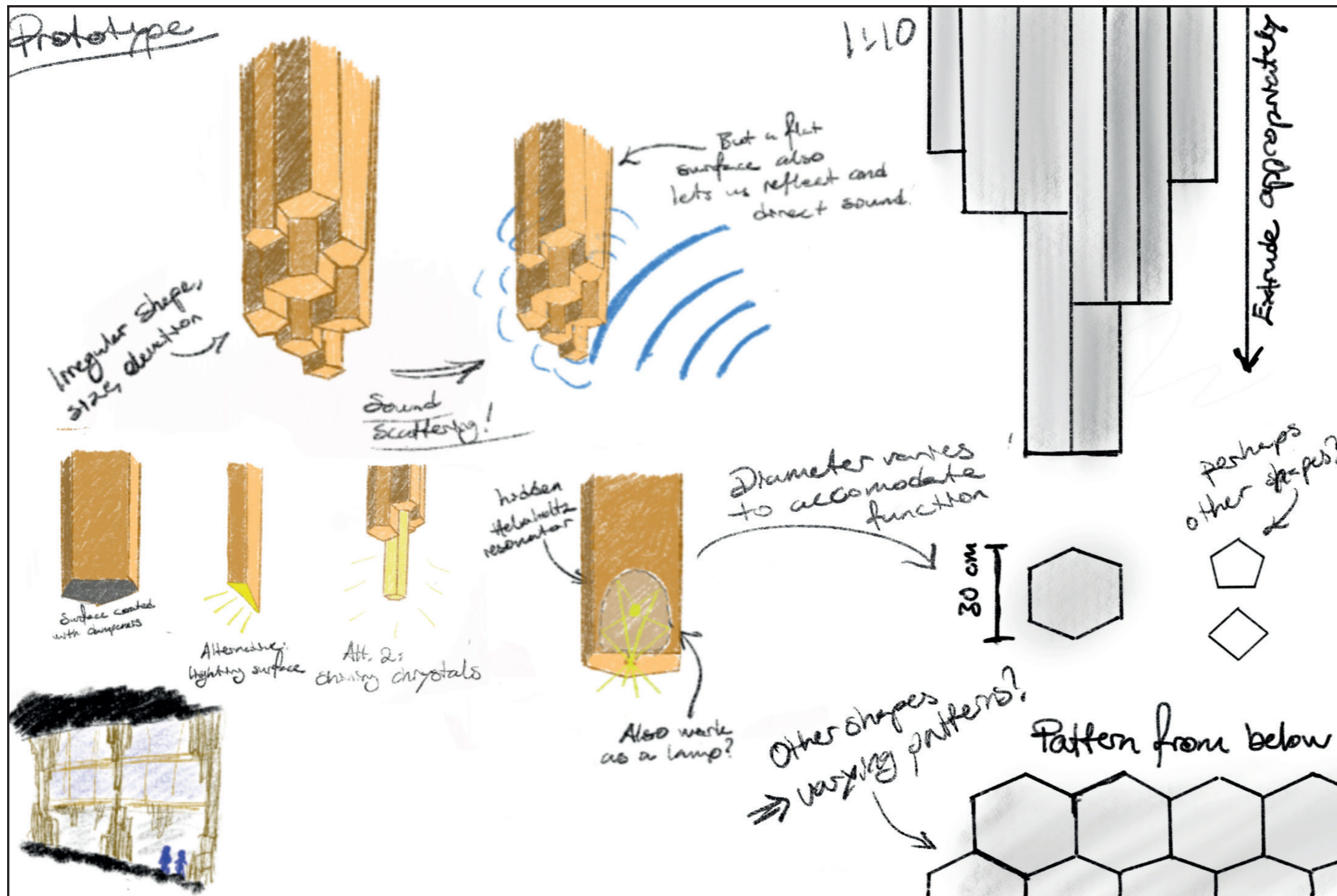


Inactive / Active

Tillsammans med våra två kunniga akustiker, Benedict Beckenbauer och Erik Jernåker, tog vi fram dessa träelement som bidrog med olika goda akustiska effekter. Variabiliteten var viktig, eftersom hallen inte bara skulle kunna hantera opera, utan även talarevent, mindre konserter, och dylikt.

Eftersom elementen ständigt uppvisade nya vinklar mot ljudkällan, var meningen att man skulle få en stor spridning av ljudet och därmed en god jämnhet och tydlighet. Tyvärr kunde vi inte testa det på riktigt, eftersom vi inte gjorde några datorsimuleringar. Det hade varit väldigt intressant att se hur bra vår tanke faktiskt funkade.

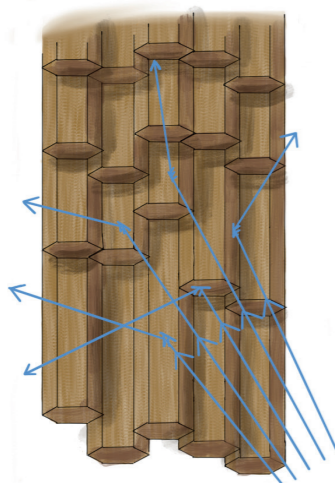
Ljudet skulle också varieras med hjälp av Helmholtzresonatorer och absorbenter, som kunde aktiveras och inaktiveras vid behov. De skisser vi gjorde blev ganska tydliga och förklarade deras konstruktion och design, men vi var alla överens om att det hade varit kul att se dem i en riktig situation också. Men det är väl något som tillkommer senare i ett projekt.



Elementen förändrades inte märkvärdigt i uttryck under projektets gång, och många av idéerna fick följa med hela vägen till slut. Kombinationen av helmholtsresonator och lampa är en idé vi plockade upp från en föreläsning med Morten, men även om vi gillade den kom den aldrig med i planchmaterialet. Däremot kan man se en skiss på en stalagtitlampa, som vi faktiskt skrotade ett tag men tog tillbaka i sista stund och visade upp i lobbyperspektivet.

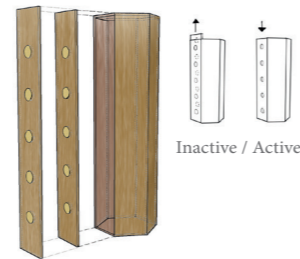
Fasadens uttryck var något vi pratade mycket om men aldrig gjorde något material på var fasaden och uttrycket utifrån. Vi diskuterade allt från en sluten klippvägg med mycket få fönster till öppna glasfasader, och både ett uttryck helt i sten och ett med samma trärelement som hämtas från insidan - vilket man kan se på en skiss i nedre vänstra hörnet.

Stalactites & Verticality

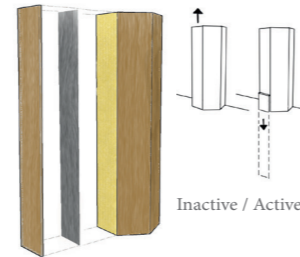


Vertical stalactites are used in the whole building as a unifying design element. While the shape of the cross section may vary, they are all extruded vertically in a similar way. By changing the height of the elements in the ceiling, it may seem more rounded and flowing, even though the undersides are all flat.

In the hall and rehearsal room, these elements are also used to improve the acoustic properties. Hidden within are two types of acoustical features, seen displayed to the right. They are intended to add additional absorption to the room and help reach desired reverberation times in all frequency ranges. Additionally, the stalactites offer the possibility to reflect the sound diffuse, as seen on the left.

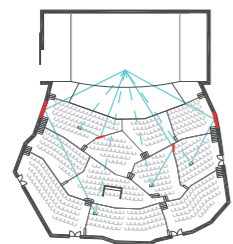


Hollow hexagonal tubes covered by a plate with regular holes work as helmholz resonators. The holes can be closed by moving a second plate inside the resonator, so the prototype reflects sound instead of absorbing it. When active, the stalactites help to absorb sound energy in low-frequency ranges and therefore lower the reverberation time. To gain optimal coupling to the sound field and broadband absorption, porous material in the holes adjust the specific flow resistance.

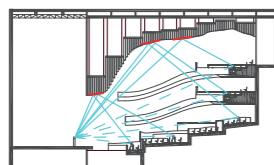


As a second model, the tubes are filled with organic mineral wool as porous material. The absorptive side is covered by a thin foil that partly reflects high frequencies to reduce absorption in that spectrum. To make it flexible, the absorptive side can be covered by a wooden plate to reflect the sound instead of absorbing it.

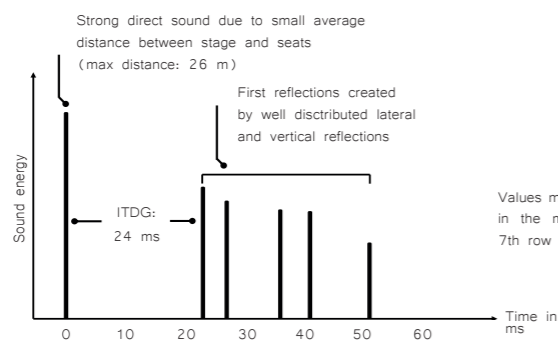
Clarity & ITDG



The cave-like elevated floor sections prevent attenuation of the sound, where especially the front seats at each plateau will receive a strong direct sound. Straight walls prevent sound focusing, while flutter echoes are averted by asymmetrical orientation of the walls. The walls are carefully used as reflectors for early reflections and diffuse reflectors with the help of the stalactite elements.

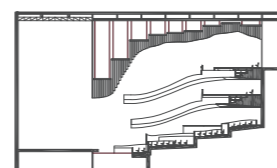


The height gives the opportunity to produce a favourable reverberation time. The ceiling close to the stage opening is lowered. Along with an optimal curvature, this provides proper early reflections for the first and middle rows. The stalactites give the possibility to systematically provide optimal reflective surfaces.

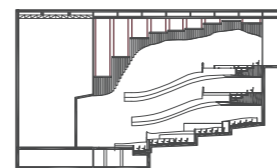


The design of the walls in the concert hall provides the possibility to control early lateral reflections along with diffuse reflections in a targeted manner. The design of the room, therefore, provides a good perceived spaciousness and intimacy at the same time. The size of the room combined with additional absorptive surfaces provides strength values around 3,2 dB for opera and 4,5 dB for orchestral configurations which allows playing music dynamically and clearly.

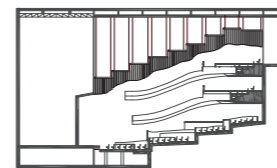
Variable acoustics



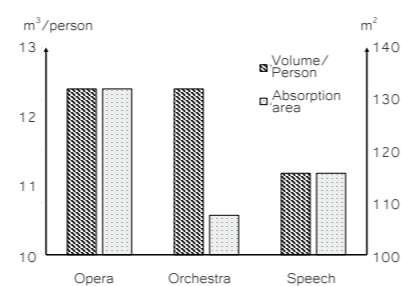
When used for opera the auditorium is in standard design with the whole stage house open and the orchestra pit in use. For a reverberation time of 1.5 s, the average ceiling height is set to 17 meters.



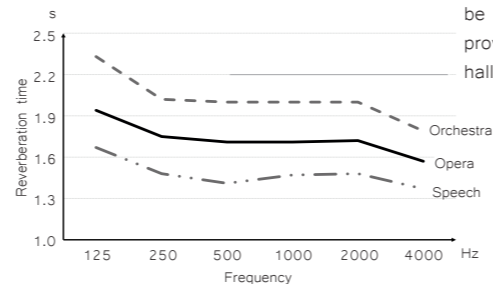
For concerts, a portable stage enclosure is placed behind the performers to direct the sound towards the audience. The height of the ceiling can be adjusted to reach desired reverberation time.



For speeches, the front part of the stage is used and the rest of the stage house is shielded. The orchestra pit is exalted to seating level and used for extra seats, allowing a total of 1200 guests.



The design of the opera hall itself provides absorbing surfaces since all visible surfaces are made of wood. Additionally, the seats (occupied and unoccupied) make up a great part of the absorption area. To gain an RT of 2 s for orchestra performances, in a hall ~13700 m³, additional absorbing surfaces of 300 m² are introduced, using the acoustical prototypes. Flexible prototypes (320 m² surface area) can be activated for opera configurations to provide an RT of 1,73 s at a constant hall volume.

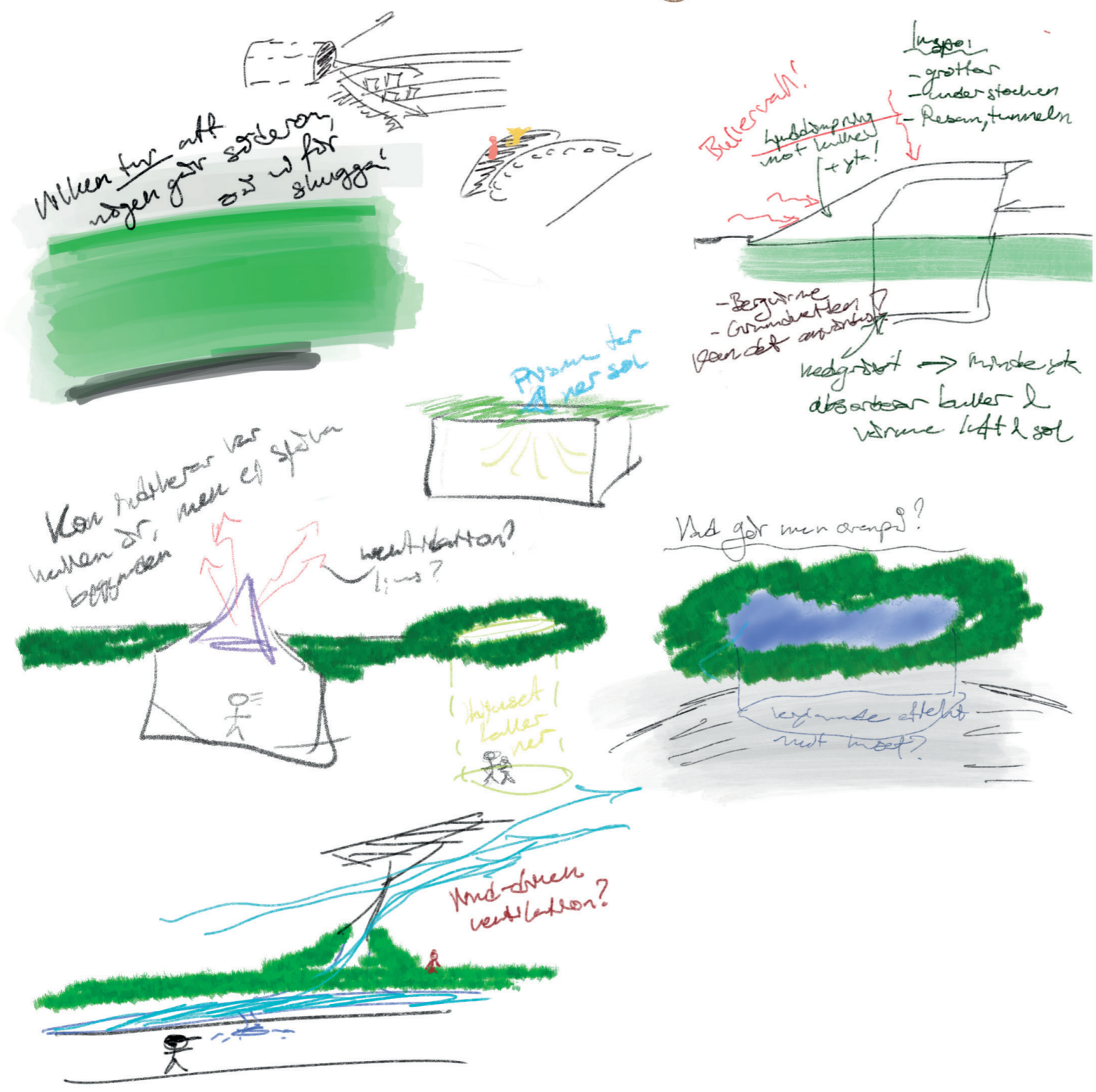


En av de mest intressanta delarna av projektet var att få arbeta tillsammans med studenter från akustikmastern. De hjälpte oss att få till de kvaliteer vi eftersträvade och hjälpte oss förankra våra idéer med lite realism och beräkningar. Bene visade också stort intresse för själva projektet och var gärna med i formgivningen och hjälpte till med layouten på planchen.

Till slut fick de tränga ihop sitt material på en sida, även om de säkert hade kunnat breda ut sig på tre. Materialet här är dock ganska bra och konsist, och visar mycket kvaliteter som man kanske inte uppfattar ur en vanlig planlösning eller perspektivbild, till exempel hur ljudet stutsar i rummet. Det höj- och sänkbara taket gjorde att vi kunde variera volymen och därmed efterklangstiden i rummet, men det gav också ett intressant uttryck till rummet, som kunde bli både stort och väldigt litet i olika situationer, vilket var en spännande sak att föreställa sig.

Arbetet med dem gick bra, och det var väldigt intressant att få inblick i andra perspektiv och intresseområden från en annan diciplin. De största svårigheterna kom ur att de inte riktigt fick några instruktioner i sitt arbete, så vi fick komma på själva vad som behövde göras och på vilken nivå man skulle lägga saker.

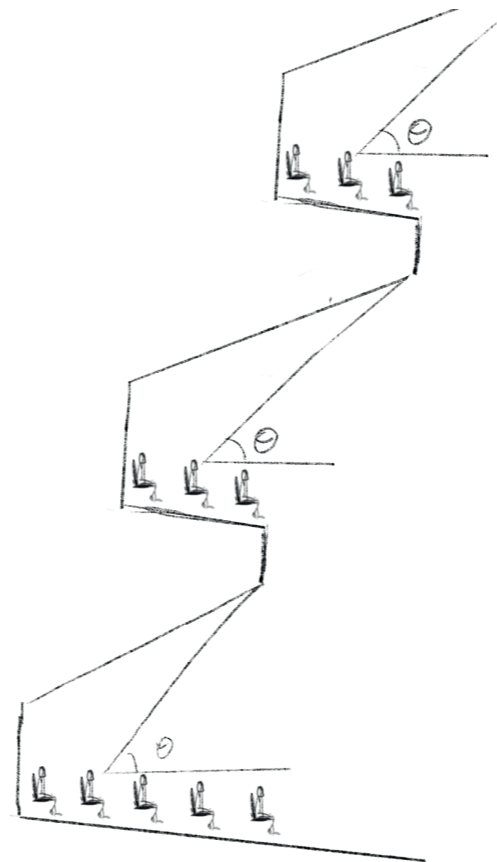
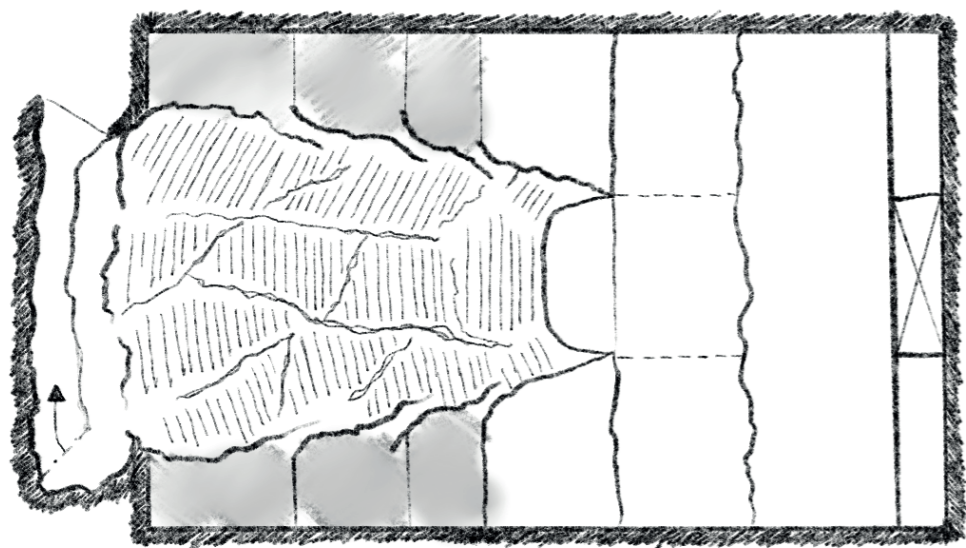
Nedgrävd



I slutändan fick vi inte tid att utveckla och göra presentationsmaterial för många av de idéer för byggnadens fungerande som vi tänkte på. Från kursledningens sida uppmuntrade att vi hade med det i designprocessen, och många av idéerna var formgivande längs vägen, men väldigt få blev framträdande på planchererna.

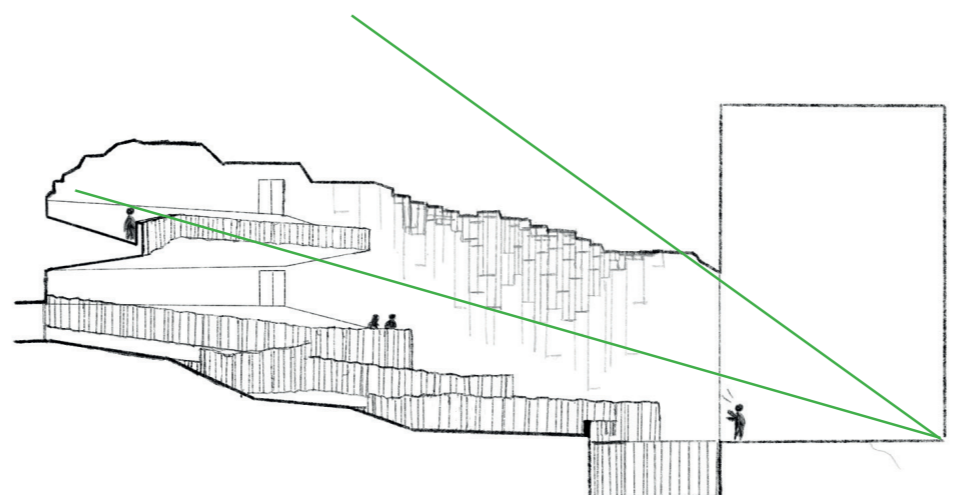
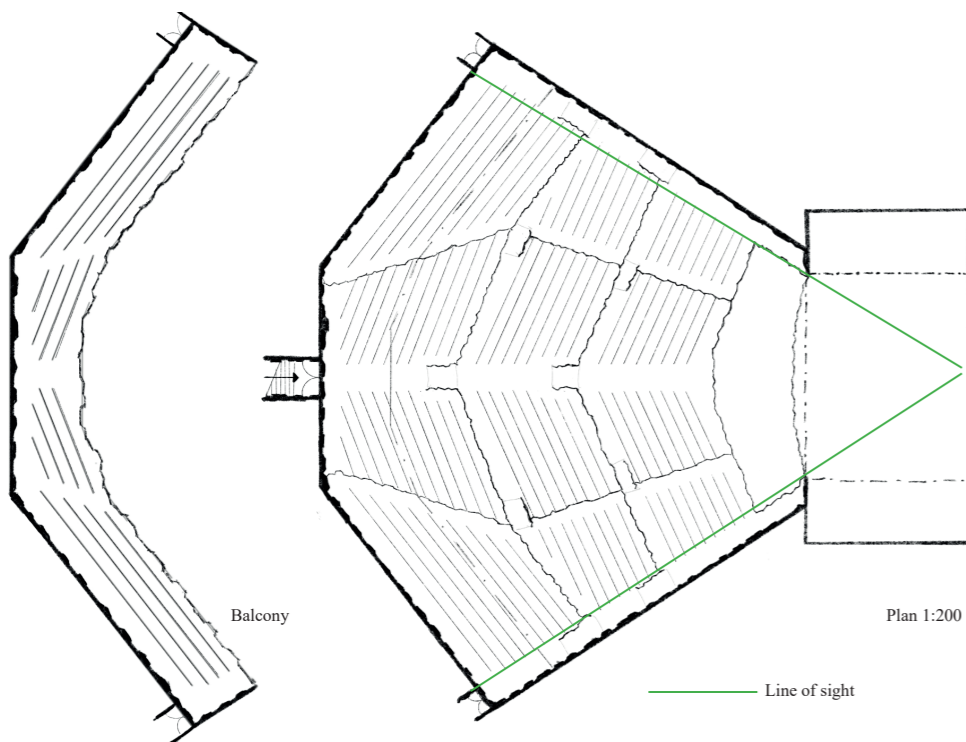
Dessa tidiga skisser är alla från samma designsession ganska tidigt i arbetet. Man kan se att vi jobbat med hur en nedgrävd byggnad interagerade med miljön ovanför, och hur man skulle tänka med inneklimatet. Tankar om ventilation, ljusintag och vattenkyllning finns med.

Här finns även ett tidigt resonemang om en bullervall - en tanke som faktiskt fick hänga med hela vägen till projektets slut.



Att utforma själva operahallen var mycket arbete, och skedde i ett ständigt bollande med våra akustiker och våra handledare. Vi var tvunga att ta hänsyn till alla möjliga parametrar som påverkade akustiken i rummet på olika sätt, och samtidigt förhålla oss till publikantal, rörelse i rummet, och andra rent arkitektoniska kvaliteter. Det var svårt och utmanande men också väldigt roligt, och när vi till slut hittade en lösning vi var nöjda med var vi enormt stolta.

Salens generella uttryck har dock varit ganska likt. skissen uppe i hörnet var det förslag vi gav till våra akustiker precis i startskedet, som satte tonen för hela projektet. Man kan redan här se de uppdelade sektionerna och de klippiga väggarna. Däremot var rummet då tänkt att vara mer avlångt, men snart i projektet blev planen lite mer fjäderformat. Den undre skissen är från mitten av projektet, och var närmare slutprodukten, men alldeles för symmetrisk, så vi fick bryta upp alla linjer och skaka om i rummet.



Frågan om en eller två balkonger var ständigt närvarande, och vi har velat fram och tillbaka tillsammans med akustikernas krav på volym och distanser. En tidig tanke vi hade var att luta balkongerna in mot scenen istället för bort, för att minska volymen, men vi strök det när vi insåg att det blev problem med siktlinjen.