

# skeletal

Ett konserthus präglad av hållbar struktur

# PORTFOLIO

## KANDIDATARBETE ARKITEKTUR OCH TEKNIK 2023

Linnéa Björkström

PROJEKT:	skeletal
RITAT AV:	Linnéa Björkström Philip Nilsson
PARTNERS:	Rushi Ganapathi, SOV Jiali Cheng, SOV
PROGRAM:	Arkitektur och Teknik
UNIVERSITET:	Chalmers Tekniska Högskola
KURSKOD:	ACEX15
PERIOD:	VT 23

### KANDIDATARBETET

Projektarbetet grundade sig i den internationella tävlingen som ordnas årligen av The Acoustical Society of America för arkitektur- och akustikstudenter världen över. Detta år bestod tävlingen utav ett konserthus för 2,300 besökare i en urban miljö. Platsen var omringad av gator där utryckningsfordon färdades i alla riktningar vilket medförde höga bullernivåer att ta hänsyn till. Vidare skulle konserhallen vara utforma utefter att ha variabel akustik för olika genrer och plats för en 90 personers orkester. Utöver tävlingsprogrammet kompletterades uppgiften med hållbarhetsaspekter såsom att till stor del bygga i trä samt att utforska återbruksmöjligheter.

Arbetet utfördes sedan under ca två månaders tid i grupper om två studenter från Arkitektur och Teknikprogrammet, tillsammans med en till två akustiker från masterprogrammet Sound and Vibrations. Processen var iterativ och bestod utav fyra deluppgifter med mindre kritiktillfällen, kompletterat av handledningar, där ideér konstant utvärderades och utvecklades. Den slutgiltiga presentationen omfattades av tre plancher där projektet presenterades genom illustrationer, planer, sektioner samt med hjälp av perspektiv och akustiska diagram. Det slutgiltiga projektet är sedermera en färdig byggnad utan ett tävlingsförslag som förmedlar ett koncept.



EXTERIÖRPERSPEKTIV av slutgiltigt förslag.

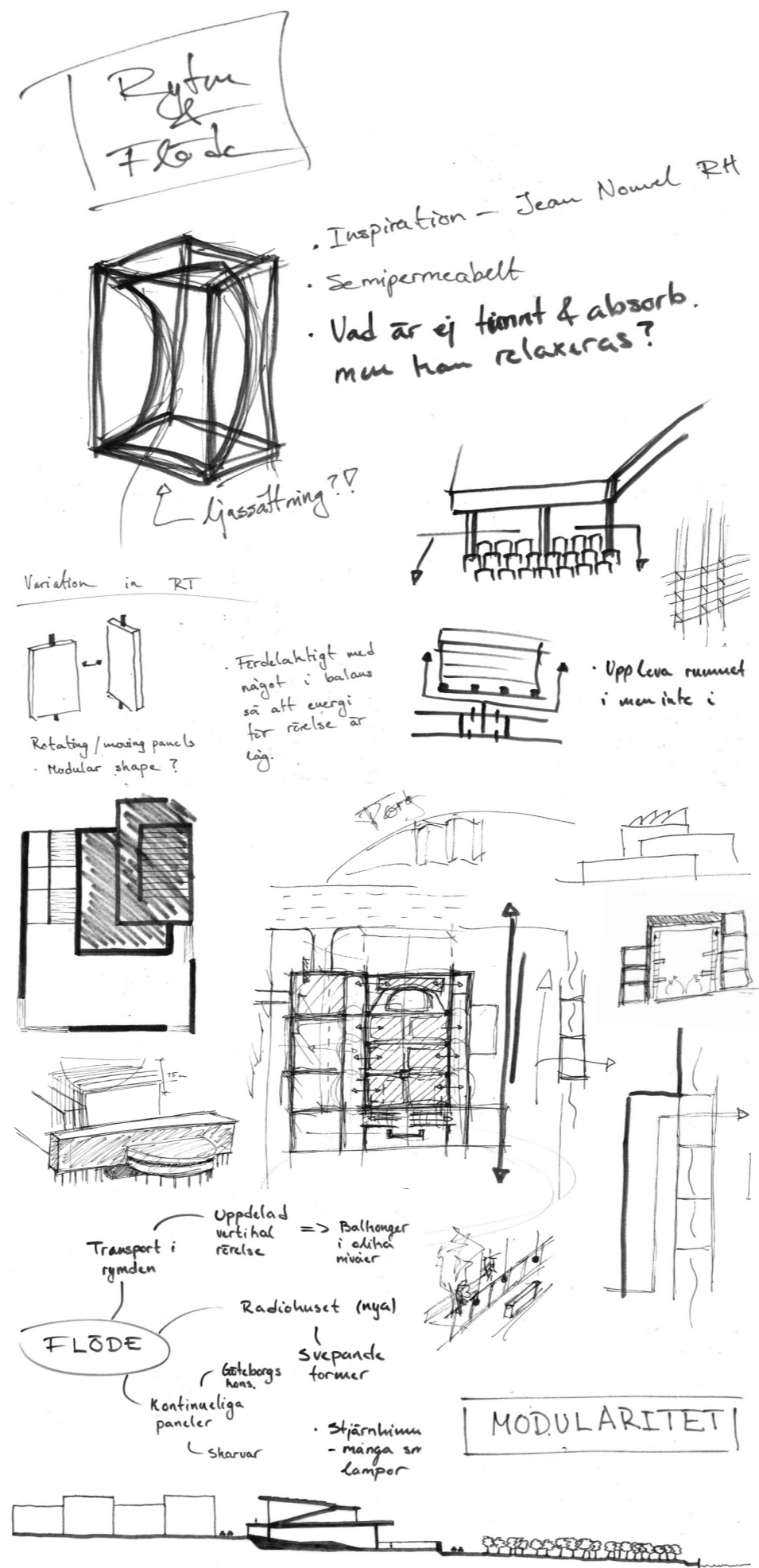
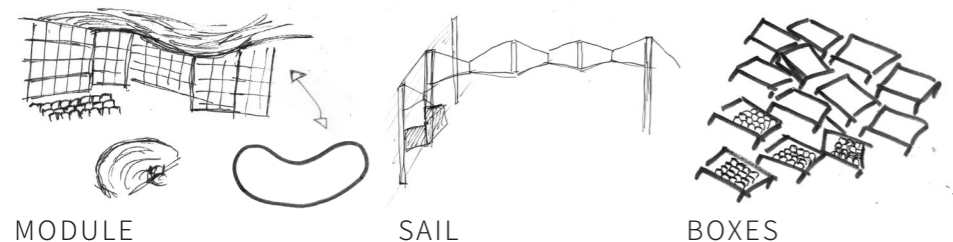
# METOD

Som tidigare nämnt var arbetet uppdelat i fyra huvudsakliga iterationer med olika fokus. Den första uppgiften gick ut på att få en känsla för hur ljud färdas i olika miljöer till exempel vid en motorväg kontra en sluttning i skogen, vilket senare presenterades i en film. Sedan fortsatte arbetet i uppgift två där tre olika rumsliga akustiska koncept utvecklades gruppvis. I denna fas utvecklades även många bestående tankar kring platsens utförande då detta var upp till fri tolkning utefter tävlingsförslaget. De tre koncepten presenterades sedan, tillsammans med avsedda akustiska värden, genom enklare skisser och perspektiv. Efter presentationen tilldelades varje grupp akustikstudenter inför uppgift tre där ett koncept skulle väljas och arbetas vidare med.

Utefter det koncept som valdes fortsatte arbetet genom att utveckla tre akustiska prototyper kombinerade med minst ett av fenomenen - ljus, klimat och bärande krafter. Det valda konceptet utvecklades även utefter tävlingsprogrammet samt det kompletterande programmet. Sedan presenterades arbetet genom en abstrakt exteriör modell, enkla planer och sektioner samt de akustiska prototyperna. Efter presentationen gick arbetet in i sitt sista skede där konceptet utvecklades till ett färdigt förslag som sedan presenterades på två separata kritik tillfällen med inriktning på hållbarhet kontra akustik såväl som arkitektoniskt.

# PROCESS

Arbetet bestod genomgående av mycket skissande och diskuterande där emellan. Vi gick snabbt in i ett hållbarhetstänk och började redan i ett tidigt stadi under uppgift två att arbeta med modulen som koncept. Förutom hållbarhetsperspektivet var striktheten i systemet något som vi fastnade för men ständigt försökte utmana genom projektets gång. I uppgift två utvecklades konceptet "Module" där modulen användes på ett relativt fritt sätt och förskjöts för att bryta upp striktheten i en hall formad likt en böna. Parallellt arbetade vi även med koncepten "Sail" och "Boxes" där vi experimenterade med tyg och akustik kontra ett arkitektoniskt utforskande av kuber.



Väl i nästa skede kom vi ganska snabbt fram till att vi ville kombinera våra koncept och då framför allt försätta arbeta med "MODULE" och "SAIL" i en shoebox hall. Vi pratade mycket om modulariteten som koncept och på vilka sätt vi kunde använda oss utav modulen, där vi utvecklade två akustiska prototyper. Den ena en väggmodul med ett mänskligt mått på två x två x tre meter och den andra en takmodul med mått två x två x en meter. Väggenmodulen med sin roterande panel blev konceptet för en variabel akustik med många möjligheter för olika RT samt viktig ur hållbarhetsaspekten.

En tidig tanke med modulen var att spänna upp något typ att tyg i strukturen för att åstadkomma komplexa dubbelkrökta former. Denna tanken släpptes någon gång på vägen men ideén att arbeta med tyg bestod och det blev en utmaning vi ville ta oss an.



VÄGGMODUL



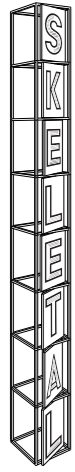
TAKSTRUKTUR



TAKMODUL

Vi valde därför att fortsatt arbeta med en formatkiv takstruktur bestående av kablar och stänger med ett tyg som spänner över konstruktionen. Detta blir en lätt konstruktion som även är materialeffektiv vilket klingar väl med hållbarhetstänk. Däremot kom denna struktur med den del utmaningar, så som hur får vi ett absorberande material att enbart reflektera ljud? Detta var en fråga som diskuterades på många handledningar och tillsammans med akustikerna kom vi fram till att konstruera ett eget material som i teorin funkade så som vi ville.

Mot slutet av projektet knöts projektet ihop och många av våra grundtankar föll på plats. Rytmen och flödet som vi tidigt etablerat som viktigt återfinns genom hela projektet. En tidig tanke om färden in i konserthallen blev en resa genom modulen. Ljus strålar genom takmodulen i lobbyn och skapar intressanta skuggspel. Staden är integrerad i platsen och byggnaden relaterar till den omgivning vi skapat. Arbetet fokuserades således på att väva samman allt vi ansett som viktigt.



### THE SITE

In the center of a grand capital the concert house rests on a slope aimed down towards the water. A public square, the concert house, a park and then the water lies on a straight line in the strict urban landscape. The site is 90 meters wide and 110 meters long with traffic as well as emergency vehicles passing in all four cardinal directions.

The concert house is pushed towards one of the corners. This is to strengthen the flow from the public square through the concert house garden down to the park and the water. Also this creates a smaller square for the entrance of the concert house. The

entrance square is raised one meter above the adjacent street, partly to decrease the noise levels, partly to architecturally define the room in front of the concert house, acting as a threshold between the busy city and the temple for music.

The concert house park does not only act as an invitation for the city to a closer and more frequent experience of music, but also a sound absorber lowering the noise by the facade. On the opposite side of the concert house lies the rehearsal hall, juxtaposed with the busy street, and demanding a noise criteria of NC-15. This has been resolved using a box in box construction with

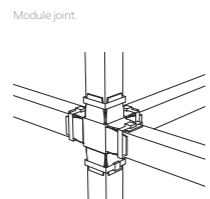
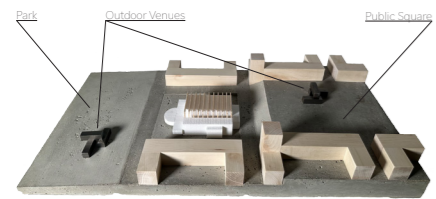
a 300 mm thick rammed earth outer wall, a 200 mm air gap and a 50 mm plywood. The wooden floor is supported by springs on concrete and the ceiling is hung on drop rods. This construction isolates the sound from the outside traffic, the loading dock, and the MEPFIT room. Thus a minimum reduction index of [24 37 46 58 49 40 28] in the octave bands from 63 Hz to 4 kHz is surpassed. Dense and heavy isolating doors are used to prevent sound leakage. The sound isolation for the concert hall is handled similarly. Also with the noise criteria NC-15, this has been resolved using a

### SUSTAINABILITY

It has been important for us to not stop at creating a concert hall, the democratization of music is an issue any institution like this one needs to address to stay relevant. The roof terrace above the lobby, the concert house garden as well as stages on the public square and in the park give the opportunity for outdoor venues expanding the reach of this musical institution.

The outer box of the concert hall is held up using large steel beams resting on steel pillars. Beams and pillars are modeled on a recently decommissioned bridge in Gothenburg, Sweden. The color of the bridge is kept to tell the story about the components' earlier life.

"The module", a two x two x three meter frame structure constructed of massive timber beams and steel joints. This simple structure is repeated to build a system of modules. The joints are built without the need to damage the wood. This system ensures easy reparation and deconstruction.



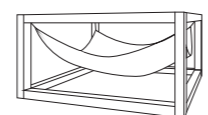
### ENTERING

From the raised square you enter the lobby. A semi circular form expanding onto the square invites and gives shelter. The entrance level facade made out of glass lets the square become part of the lobby and vice versa, making the city a part of the concert event.

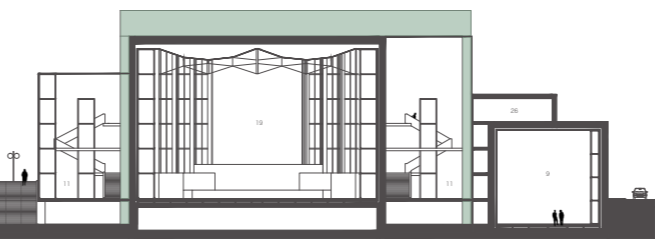
Entering the lobby through the semi circle the roof is lower, later to expand out in the larger space directing you towards the wardrobe and later the two grand staircases. Once in the lobby you meet the monolith in company, the concert hall, up close. The integrity of the concert hall box is partly kept by letting the facade material continue inside the building.



### LOBBY



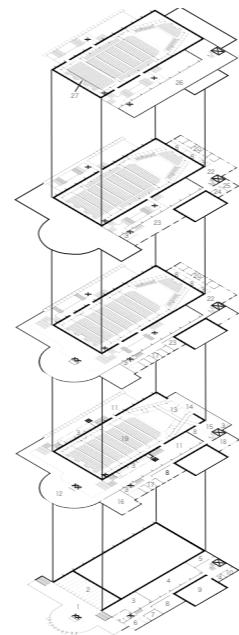
In the lobby a flatter module creates the framework for a skylight. In this framework a fabric is hanging filtering the light from the sun, at the same time absorbing noise in the lobby.



### FLOOR PLANS

The stage is reached from the back of house and loading dock through the accessible cross over corridor. The stage fits an orchestra of 90. The balconies on the side doubles as space for choirsters and audience, depending on performance. Above the audio mix on the top floor the combined follow spot booth, light and stage management is housed.

- NC-40
- NC-30
- NC-15
- 1. Lobby
- 2. Wardrobe
- 3. Restrooms
- 4. Dressing Room
- 5. Costume Storage
- 6. Staff Entrance
- 7. Support
- 8. Storage
- 9. Rehearsal Hall
- 10. Costume Design
- 11. Bar/lounge
- 12. Restaurant
- 13. Crossover Corridor
- 14. Equipment Room
- 15. Green Room
- 16. Kitchen
- 17. Office
- 18. Loading Dock
- 19. Concert Hall
- 20. Rehearsal Room
- 21. Meeting Room
- 22. Common Area
- 23. Note Library
- 24. Lunch Room
- 25. Conductors Lounge
- 26. MEPFIT
- 27. Inhouse Audio Mix

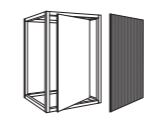


### SECTION

To minimize the noise and vibration from the air handlers in the MEPFIT room, the mechanical equipment is mounted on springs and the ducts of the air handlers are lined with absorbers and mufflers. Additionally, the room is designed to have broad-band absorbers on the walls and a floating floor made up of an elastic layer sandwiched between two concrete floors to reduce impact sound.



### THE MODULE

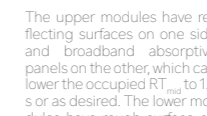


The modules form a scaffolding system around the walls of the hall, housing the acoustical elements which are mounted on either side of the rotating panels. By closing the panels the volume changes from 23 070 m<sup>3</sup> to 20 270 m<sup>3</sup>, and the corresponding RT<sub>mid</sub> change is 2.2 s to 1.9 s.

The rotation of the panels also helps to spread the sound in the concert hall. For each type of music the concert hall can be tuned as an instrument, rotating the right panels in the right way.

Electro acoustic equipment is mounted on rotating panels by the stage. When the equipment is not needed the panels are flipped to hide the speakers. Behind this system of modules we also hide the ventilation system from sight.

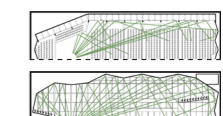
### CEILING



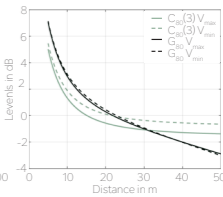
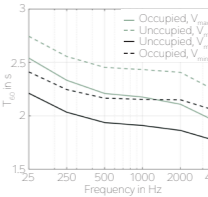
The inner roof is held up by a form active cable structure mounted on large wooden pillars. A fabric made out of tightly woven steel mesh in four layers clad in an acoustically transparent fabric is pulled taut over this structure. The sandwich fabric material through its shape and structure provides a low flow resistivity and high surface density to diffuse the sound.

### QUALITIES

The emphasis of the concert hall was to provide a space for performances of different genres. The 2300 seat hall creates a sense of fullness and warmth for the audience, as they are surrounded by the sound with a bass ratio of 1:1, C<sub>60dB</sub> from 5.5 dB to -0.6 dB, and G<sub>0dB</sub> from 7.1 dB to -3.0 dB, estimated from the minimum volume of the hall.



RAYTRACING  
The ITDG ranges from 15 ms to 25 ms, which is achieved by the early reflectors provided by the modules, the balcony walls, and the ceiling.



The underside of the top balcony is clad in a scattering panel to spread the sound to the balcony underneath. Furthermore, the modules are eloquently used to support different acoustical qualities for a variety of performances. Lateral reflections in the hall, such as reflections from side

walls, are from the smooth and rough surfaces of the modules. This addresses the spaciousness of the hall as well. If the performance needs to be lively, the panels can have their reflective side exposed, while still keeping the long RT in the mid frequencies. A high sound quality and flexibility alike.

PRESENTATION. Hur planchern presenterades på de sista kritik tillfället inför jurybedömning.

## RESULTAT

Det färdiga förslaget fokuserade på flöde, rytm och struktur där vi strävade efter en ärlighet såväl arkitektoniskt som akustiskt. Exteriört är den yttre bärande strukturen av konserthallen exponerad och talar även genom sin färg om sitt tidiagre liv som en del av Götaälvbron. Byggnaden är placerad i en svagt lutande sluttning och blir en fokuspunkt emellan ett offentligt torg och en park i anslutning till havet. För att inte stänga ute staden är byggnaden förskjutet till tomtens ena hörn. Platsens axialitet bibehålls på så sätt och en passage mellan torget och parken skapas med en nära relation till byggnaden. Samtidigt blir det en distans mellan gaturummet och byggnadens torg då platsen är något upphöjd, vilket bidrar till en lugnare miljö som kan bjuda in omgivningen. Entrén till byggnaden markeras av den halvcirkulära volymen som skjuter ut mot parken, där bottenplan är helt uppglasad för att ge illusionen av att den övre volymen svävar.

Lobbyn är strategiskt utformad med ett tydligt flöde för gästerna. En rektangulär volym i halvcirkelns mitt huserar receptionsdisk samt hissar samtidigt som gästerna delas upp i två riktningar. Rakt framför är garderoberna placerade, under konserthallen, där även ett första möte med modulen sker såväl i taklanterninerna rakt ovanför som garderoben själv. Flödet fortsätter sedan upp för två stora trappor som leder till separata barområden där det stora antalet gäster blir uppdelade för en lugnare miljö. Ett system av trappor leder sedan gästerna upp i volymen och slutligen in i konserthallen genom modulsystemet.

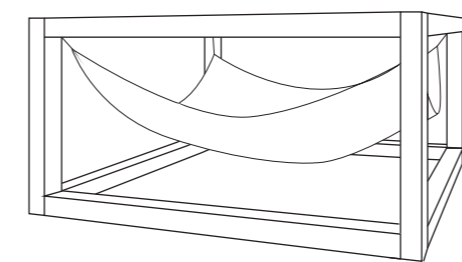
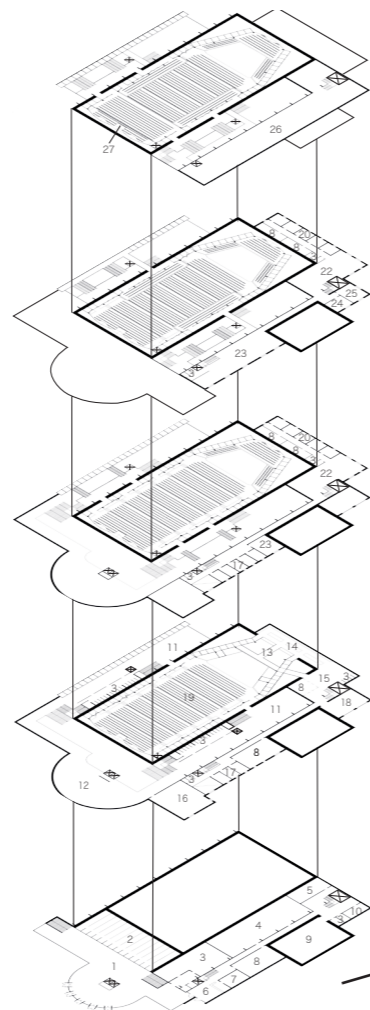
Konserthallen är präglad av en strikthet med en återkommande rytm genom dess struktur. Stora träpelare bär upp taket samtidigt som dom förstärker rummets vertikalitet vilken ställs på sin ände av de långa raka balkonerna som för riktningen framåt.

## KVALITETER

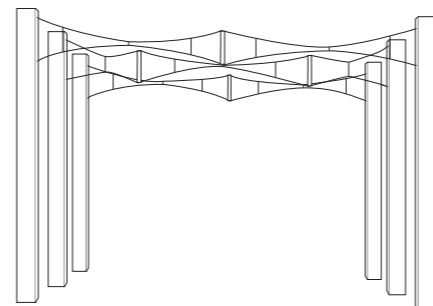
En av de stora kvaliteterna i projektet är den arkitektoniska resan genom byggnaden utifrån och in. De rena formerna och ärliga materialen blir en del av resan där byggnaden inte döljer något för besökaren. Konserthallens träprägel är en av dessa platser där dess unika utformning är ytterligare en kvalitet. Takets utformning är något som aldrig tidigare testats enligt våra efterforskningar, vilket gör vårt konserthus unikt och spännande. De akustiska kvaliteterna är många där hallens flexibilitet är utmärkande. Möjligheterna är många då baksidan av varje panel går att utforma utefter önskvärda egenskaper samtidigt som möjligheten finns att ställa in spänningen i taket, vilket hade kunnat bidra till intressanta akustiska kvaliteter. Utöver detta är även projektets hållbarhetsprägel en stor kvalitet i dagens samhälle där branschen behöver hitta sätt att återbruka samt bygga med hållbara material, vilket gör att vårt projekt kan sättas på kartan.

## REFLEKTION

Med lite distans från projektarbetet så känner jag nu i efterhand att jag är väldigt nöjd med projektet och samarbetet under kursen i sin helhet. Många av de tankar vi noterade som viktiga i tidiga skeden bar vi med oss ända till slutskedet, så det känns bra att vi inte behövt kompromissa med dessa. Jag tycker även att presentationen speglade vårt projekt väl och att planchererna blev lätta att följa från start till slut. I dom blev det även tydligt att vi fokuserat mestadels på arkitekturen genom hela projektet och trots att programet som uppgiften baseras på handlar mestadels om akustik så är jag nöjd att vi jobbat på detta viset. Jag tror däremot att våra akustiker kände att vi inte var villiga att vika oss för akustiken trots att vi försökte uppmana att dom skulle komma med förslag. Detta kan ha berott på såväl en språkbarriär som misskommunikation och resulterade i bristfälligt med akustiska lösningar på planchererna. Vi hade nog prioriterat detta i större omfattning om vi haft mer tid och jag tycker att det hade varit lärorikt att fördjupa oss mer i akustiken samt de tekniska lösningar som behövs i ett projekt som detta, så det är synd att tiden inte räckte. Jag hade även velat lägga mer tanke på övningsalen under projektets gång och tycker det är synd att den föll mellan stolarna under projektarbetet.



TAKMODUL i schematisk form ritad i illustrator.



TAKSTRUKTUR i schematisk form ritad i illustrator.

SPRÄNGSKISS av planerna gjord i illustrator.

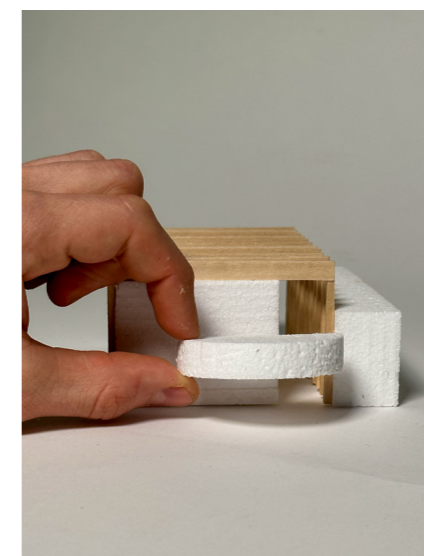
## UTVECKLING & FORTSATT ARBETE

Både jag och mitt arbetssätt har utvecklats mycket under projektets gång där den iterativa arbetsprocessen har varit till stor hjälp och är något som jag tar med mig framöver. I tidigare projekt har jag ofta fokuserat mycket på planlösningar och fasader snarare än volymer och ofta avslutat projekt med bristfälliga flöden. Under kandidatarbetet fokuserades mitt arbete till stor del på just de sistnämnda vilket gjorde att jag utmanade mig själv och istället för att gå från plan till volym så gick jag från volym till plan. Att tänka på just byggnadens flöde är viktigt i alla projekt men det är något som i gamla projekt blivit bristfälligt när jag med lite perspektiv ser på det igen. Därav är jag nöjd över hur mycket vi pratat om flödet under projektets gång och jag tar med mig inför framtiden att se över hur flödet förändras med alla ändringar som görs.

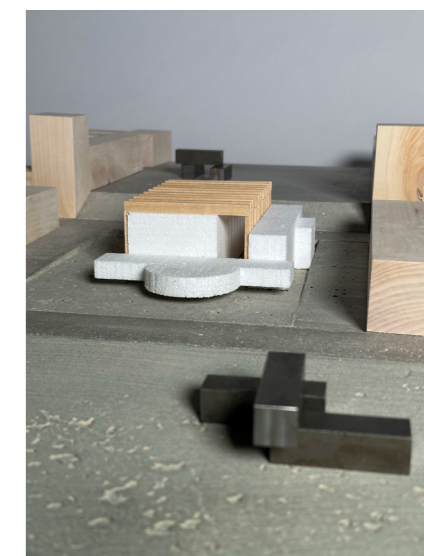
Jag har även utvecklat många grafiska kunskaper under projektet där jag speciellt lärt mig nya kunskaper i illustrator som kan vara användbara i framtiden. Min renderingskunskap har dessutom blivit bättre då jag tidigare inte arbetat så mycket med ljussättning i renderingar som detta projektet krävde.



INTERIÖRPERSPEKTIV av konserthallen i tidigt skede. Renderingen är gjord i enscape med material från det befintliga biblioteket. Ljussättningen är endast i taket och det finns inget djup i bilden.



VOLYMMODELL i tidigt skede. För att få en känsla av de initeilla volymerna vi tänkt oss. Detta gav mig en insikt i vikten av att även i tidiga skeden jobba med modeller.



VOLYM OCH SITUATIONS-MODELL av det färdiga förslaget. Modellen är utvecklad från det tidigare skedet och visar projektet i en mer abstrakt form.

Modellerna blev väldigt fina och är något jag uppskattar att vi la tid på nu i efterhand.



INTERIÖRPERSPEKTIV av slutgiltig interiör rendering av konserthallen. Renderingen är gjord i enscape där de flesta materialen är skapade utifrån materialbilder. Ljussättningen är inte bara i taket utan även bakom säten samt i modulerna. Bilden har ett djup i sig och suger in blicken.